

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil dari pengaruh penggunaan *silica fume* dan *fly ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton porous yang menggunakan RCA (*recycle coarse aggregates*). Pengujian pada penelitian ini dilakukan di laboratorium yang hasilnya akan diolah berdasarkan literatur.

4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas beton. Penelitian ini dilakukan pada komponen-komponen material yang mempengaruhi campuran beton seperti RCA (*Recycled Coarse Agregate*) dan NCA (*Normal Coarse Agregate*). RCA yang digunakan merupakan hasil dari penghancuran dari beton bermutu K-300 yang berasal dari sampel proyek yang ada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya diolah kembali menjadi agregat kasar. Sedangkan NCA merupakan hasil penghancuran batuan alam atau agregat alami yang diambil dari alam. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian pendahuluan untuk mengetahui kualitas agregat RCA yang digunakan terhadap NCA. Penelitian pendahuluan ini terdiri dari berat isi agregat, berat jenis, dan penyerapan agregat.

4.1.1 Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA) dan Agregat Kasar Alami (NCA)

Berat isi didapatkan dari perbandingan massa agregat dengan volume. Pemeriksaan dilakukan dengan menimbang agregat pada wadah. Metode yang digunakan adalah rata-rata dari berat isi dengan cara *rodded* (ditumbuk) dan *shoveled* (tanpa tumbukan) Berikut ini adalah hasil pemeriksaan berat isi RCA dan NCA.

Tabel 4.1

Data-Data Pelengkap Uji Berat Isi Agregat

No	Data - data tambahan	satuan	nilai
1	Berat Kotak takar	gr	1635
2	Berat Kotak takar + air	gr	4790
3	Berat air (2-1)	gr	3155
4	ρ air	gr/cm ³	1
5	volume air (3/4)	cm ³	3155

Tabel 4.2

Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Ukuran agregat : 1cm - 2cm		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran + benda uji	gr	6100	6150	6050	5950	5900	5850
berat benda uji	gr	4465	4515	4415	4315	4265	4215
Berat isi	gr/cm ³	1,415	1,431	1,399	1,368	1,352	1,336
Berat isi	gr/cm ³		1,415			1,352	
Berat isi rata-rata	gr/cm ³			1,384			

Tabel 4.3

Berat Isi Agregat Alami (NCA)

Ukuran agregat : 1cm - 2cm		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran + benda uji	gr	6700	6600	6600	6400	6300	6300
berat benda uji	gr	5065	4965	4965	4765	4665	4665
Berat isi	gr/cm ³	1,605	1,574	1,574	1,510	1,479	1,479
Berat isi	gr/cm ³		1,584			1,489	
Berat isi rata-rata	gr/cm ³			1,537			

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan berat isi agregat NCA lebih besar daripada RCA. Nilai berat isi rata-rata NCA sebesar 1,537 gr/cm³ sedangkan berat isi rata-rata RCA sebesar 1,384 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa NCA memiliki butiran lebih padat dibandingkan RCA. Hal ini sesuai dengan kondisi fisik NCA yang merupakan batuan pecah alam sedangkan RCA merupakan hasil daur ulang beton. RCA mengandung mortar dan terdapat pula butiran yang terbentuk dari mortar seluruhnya.

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Agregat kasar daur ulang diperoleh dari limbah beton yang telah diuji dari *batching plant* beton *ready mix*. Agregat kasar daur ulang atau disebut RCA memiliki ukuran 0,5 sampai 2 cm. Sebelum dilaksanakan pengecoran agregat diuji terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik agregat yang mana karakteristik tersebut akan berpengaruh pada hasil pengecoran dan hasil pengujian benda uji. Tabel 4.4 merupakan hasil pengujian berat jenis RCA.

Tabel 4.4

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi RCA

Nomor Contoh			1	2	3	Rata-rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5340	5240	5260	-
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	5160	5080	5080	-
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3188	3101	3140	-
Berat jenis curah			2.398	2.375	2.396	2.390

Nomor Contoh		1	2	3	Rata-rata
<i>Bulk specific gravity</i>	Bk/ (Bj-Ba)				
Berat jenis kering permukaan jenuh	Bj/ (Bj-Ba)	2.481	2.450	2.481	2.471
<i>Bulk specific gravity saturated surface drying</i>					
Berat jenis semu	Bk/ (Bk-Ba)	2.617	2.567	2.619	2.601
<i>Apparent specific gravity</i>					
Penyerapan (%)	(Bj-Bk)/ Bkx100%	3.488	3.150	3.543	3.394
<i>Absorption</i>					

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat diperoleh tiga macam berat jenis yaitu berat jenis curah, berat jenis kering, berat jenis permukaan dan berat jenis semu sehingga diperoleh nilai persentase penyerapan (*absorption*) agregat. Nilai rata-rata dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, dan berat jenis semu adalah 2,390; 2,471; dan 2,601. Nilai berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh yaitu 2,471. Hal ini menunjukkan bahwa RCA memiliki nilai berat jenis lebih besar daripada syarat yang ditentukan yaitu 2,4 (ASTM C-33). Sedangkan hasil tiga sampel menunjukkan nilai rata-rata penyerapan agregat kasar daur ulang sebesar 3,394%. Nilai penyerapan rata-rata RCA lebih kecil daripada syarat yang ditentukan yaitu 4% (ASTM C-33). Maka hal ini sesuai standar yang ditentukan dan dapat digunakan.

4.1.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami (NCA)

Agregat kasar alami adalah agregat kasar yang berasal dari pecahan batu kali yang dipecah dengan ukuran tertentu. Seperti halnya pada RCA, agregat kasar selanjutnya disebut NCA diuji terlebih dahulu untuk melihat karakteristik dari agregat kasar alami. Pengujian meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan (*absorption*). Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 sampel NCA. Pengujian berat jenis dan penyerapan NCA dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Hasil Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi NCA

Nomor Contoh			1	2	3	Rata-rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5160	5140	5200	-
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	5080	5060	5120	-
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3220	3202	3240	-
Berat jenis curah	Bk/ (Bj-Ba)		2.619	2.611	2.612	2.614
<i>Bulk specific gravity</i>						
Berat jenis kering permukaan jenuh	Bj/ (Bj-Ba)		2.660	2.652	2.653	2.655
<i>Bulk specific gravity saturated surface drying</i>						
Berat jenis semu			2.731	2.723	2.723	2.726

<i>Apparent spesific gravity</i>	Bk/ (Bk-Ba)				
Penyerapan (%)	(Bj-Bk)/ Bkx100%	1.575	1.581	1.563	1.573
<i>Absorption</i>					

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat diperoleh tiga macam berat jenis NCA yaitu berat jenis curah, berat jenis kering permukaan, dan berat jenis semu serta nilai penyerapan NCA. Nilai rata-rata dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh dan berat jenis semu adalah 2,614; 2,655; dan 2,726. Nilai berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering permukaan jenuh yaitu 2,655. Hal ini menunjukkan bahwa NCA memiliki nilai berat jenis yang memenuhi syarat yaitu 2,4 sampai dengan 2,9 (ASTM C-33). Sedangkan hasil dari tiga sampel menunjukkan nilai rata-rata penyerapan NCA sebesar 1,573%. Nilai penyerapan NCA lebih rendah daripada nilai penyerapan RCA. Sehingga nilai penyerapan NCA memenuhi persyaratan. Syarat penyerapan NCA adalah $\leq 1,63\%$. Hal ini juga sebanding dengan nilai penyerapan NCA yang lebih kecil daripada RCA.

4.1.4 Uji kandungan *Fly Ash*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi *fly ash* yang akan digunakan pada campuran beton porus berdasarkan kandungannya. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Universitas Negeri Malang menggunakan metode XRF atau *X-Ray Fluoresence* untuk melihat kandungan senyawa silika, alumina, fero oksida serta kalsium oksida. Berikut ini adalah hasil pengujian *fly ash* di laboratorium dengan metode XRF disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6

Hasil Pengujian *Fly ash* dengan Metode XRF (*X-Ray Fluoresence*)

Senyawa	Kandungan (%)	Metode
Al	11	XRF
Si	23,8	
K	2,04	
Ca	19,6	
Ti	2,32	
V	0,11	
Cr	0,097	
Mn	0,36	
Fe	36,7	
Ni	0,049	
Cu	0,097	
Zn	0,03	
Sr	0,47	
Mo	2,5	
Ba	0,43	

Eu	0,3
Re	0,38

Berdasarkan tabel 4.6, pengujian kandungan *fly ash* dilakukan menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluoresence*) atau metode spektometri yaitu mengidentifikasi dan pencacahan karakteristik sinar X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *fly ash* termasuk ke dalam tipe C berdasarkan kandungan terbesar pada *Fly ash* yaitu 36,7 % Fe (Besi); 23,8 % Si (Silika); 19,6 % Ca (Kalsium) dan 11% Al (Alumunium). Kandungan kalsium dioksida (CaO) tersebut lebih besar dari 10% dan memiliki kemampuan mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan hasil reaksi semen dan air. Hasil ini sesuai dengan ASTM C618. Selain itu dengan kandungan kalsium dioksida yang lebih banyak maka *fly ash* bisa digunakan untuk bahan penambah untuk meningkatkan kekuatan beton dengan sifat pozzolanik yang dimiliki *fly ash*. Selain itu, lebih dari 50% kandungan dalam *fly ash* terdiri dari unsur-unsur Fe, Si dan Alumunium.

4.1.5 Uji Berat isi *Fly Ash*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat isi *fly ash* yang akan digunakan. Nilai berat isi digunakan untuk mencari berat *fly ash* yang dipakai untuk campuran beton porus yang menggunakan perbandingan volume. Berikut hasil pengujian berat isi *fly ash*.

Tabel 4.7

Uji Berat Isi Fly Ash

<i>Fly Ash</i>		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	8050	8060	8065	7760	7750	7730
berat benda uji (6-1)	gr	6415	6425	6430	6125	6115	6095
Berat isi	gr/cm3	2,033	2,036	2,038	1,941	1,938	1,932
Berat isi rata2	gr/cm3	2,036			1,937		
Berat isi	gr/cm3	1,987					
	kg/Cm3	0,001987					

4.1.6 Uji Berat isi *Silica Fume*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat isi *silica fume* yang akan digunakan. Nilai berat isi digunakan untuk mencari berat *silica fume* yang dipakai untuk campuran beton porus yang menggunakan perbandingan volume. Berikut hasil pengujian berat isi *silica fume*.

Tabel 4.8
Uji Berat Isi Silica Fume

Silica Fume		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	5841	5854	5815	5539	5525	5527
berat benda uji (6-1)	gr	4206	4219	4180	3904	3890	3892
Berat isi	gr/cm3	1,333	1,337	1,325	1,237	1,233	1,234
Berat isi rata2	gr/cm3		1,332			1,235	
Berat isi	gr/cm3			1,283			
	kg/Cm3			0,001283			

4.1.7 Uji Berat isi Semen

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat isi semen yang akan digunakan. Nilai berat isi digunakan untuk mencari berat semen yang dipakai untuk campuran beton porus yang menggunakan perbandingan volume. Berikut hasil pengujian berat isi semen.

Tabel 4.9
Uji Berat Isi Semen

Semen		RODDED			SHOVELED		
		1	2	3	1	2	3
Berat takaran +benda uji	gr	5915	5930	5920	5640	5648	5641
berat benda uji (6-1)	gr	4280	4295	4285	4005	4013	4006
Berat isi	gr/cm3	1,357	1,361	1,358	1,269	1,272	1,270
Berat isi rata2	gr/cm3		1,359			1,270	
Berat isi	gr/cm3			1,315			
	kg/Cm3			0,001315			

4.1.8 Kebutuhan Mix Desain Pengujian

Dalam proses pembuatan benda uji pada penelitian ini menggunakan *mix desain* untuk menentukan keperluan berat dari setiap material yang diperlukan dapat dilihat pada

Tabel 4.10

Tabel 4.10
Mix Desain Pengujian

NO	UMUR UJI	RCA	KODE MIX DESIGN	NCA (Kg)	RCA (Kg)	Air		FA (Kg)		SF (Kg)	C (Kg)
						(Kg)		10%	25%	7%	100%
1	28 Hari (A)	0%	AR0 F0S0	11,591	0,0	0,566	0,000	0,000	0,000	0,000	1,372
2			AR0 F1S0	11,591	0,0	0,566	0,207	0,000	0,000	0,000	1,235
3			AR0 F2S0	11,591	0,0	0,566	0,000	0,518	0,000	0,000	1,029
4			AR0 F0S1	11,591	0,0	0,566	0,000	0,000	0,094	0,094	1,276
5			AR0 F1S1	11,591	0,0	0,566	0,207	0,000	0,094	0,094	1,139
6			AR0 F2S1	11,591	0,0	0,566	0,000	0,518	0,094	0,094	0,933
7		50%	AR1 F0S0	5,796	5,218	0,566	0,000	0,000	0,000	0,000	1,372
8			AR1 F1S0	5,796	5,218	0,566	0,207	0,000	0,000	0,000	1,235

9		AR1	F2S0	5,796	5,218	0,566	0,000	0,518	0,000	1,029
10		AR1	F0S1	5,796	5,218	0,566	0,000	0,000	0,094	1,276
11		AR1	F1S1	5,796	5,218	0,566	0,207	0,000	0,094	1,139
12		AR1	F2S1	5,796	5,218	0,566	0,000	0,518	0,094	0,933
13		AR2	F0S0	0,0	10,436	0,566	0,000	0,000	0,000	1,372
14		AR2	F1S0	0,0	10,436	0,566	0,207	0,000	0,000	1,235
15		AR2	F2S0	0,0	10,436	0,566	0,000	0,518	0,000	1,029
16	100%	AR2	F0S1	0,0	10,436	0,566	0,000	0,000	0,094	1,276
17		AR2	F1S1	0,0	10,436	0,566	0,207	0,000	0,094	1,139
18		AR2	F2S1	0,0	10,436	0,566	0,000	0,518	0,094	0,933
19		BR0	F0S0	11,591	0,0	0,566	0,000	0,000	0,000	1,372
20		BR0	F1S0	11,591	0,0	0,566	0,207	0,000	0,000	1,235
21		BR0	F2S0	11,591	0,0	0,566	0,000	0,518	0,000	1,029
22	0%	BR0	F0S1	11,591	0,0	0,566	0,000	0,000	0,094	1,276
23		BR0	F1S1	11,591	0,0	0,566	0,207	0,000	0,094	1,139
24		BR0	F2S1	11,591	0,0	0,566	0,000	0,518	0,094	0,933
25		BR1	F0S0	5,796	5,218	0,566	0,000	0,000	0,000	1,372
26		BR1	F1S0	5,796	5,218	0,566	0,207	0,000	0,000	1,235
27	56 Hari	BR1	F2S0	5,796	5,218	0,566	0,000	0,518	0,000	1,029
28	(B)	BR1	F0S1	5,796	5,218	0,566	0,000	0,000	0,094	1,276
29		BR1	F1S1	5,796	5,218	0,566	0,207	0,000	0,094	1,139
30		BR1	F2S1	5,796	5,218	0,566	0,000	0,518	0,094	0,933
31		BR2	F0S0	0,0	10,436	0,566	0,000	0,000	0,000	1,372
32		BR2	F1S0	0,0	10,436	0,566	0,207	0,000	0,000	1,235
33		BR2	F2S0	0,0	10,436	0,566	0,000	0,518	0,000	1,029
34	100%	BR2	F0S1	0,0	10,436	0,566	0,000	0,000	0,094	1,276
35		BR2	F1S1	0,0	10,436	0,566	0,207	0,000	0,094	1,139
36		BR2	F2S1	0,0	10,436	0,566	0,000	0,518	0,094	0,933

4.2 Keleccakan (*Workability*)

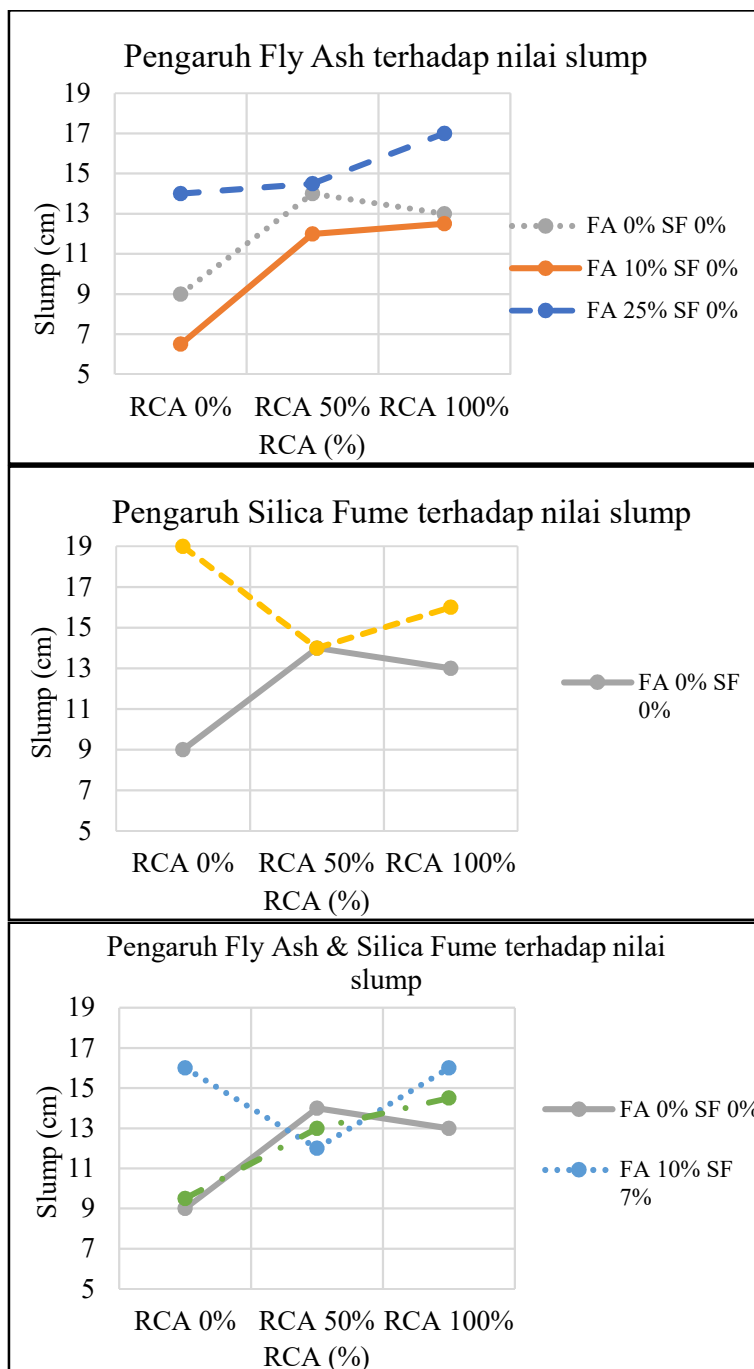
Uji slump dilakukan pada saat kondisi beton segar. Nilai slump dilakukan untuk mengetahui tingkat keleccakan untuk kemudahan pengerjaan beton. Pada Tabel 4.11 menunjukkan hasil uji slump dengan variasi bahan campuran *silica fume* 7%, *fly ash* 10% dan 25% dengan menggunakan agregat NCA dan RCA ukuran 1-2 cm.

Tabel 4.11
Uji Slump Beton Segar

NO	KODE MIX DESIGN		komposisi semen	FA		SF	C	Nilai Slump (cm)
				10%	25%	7%	100%	
1	AR0	F0S0	C				100%	9
2	AR0	F1S0	FA+C	10%			90%	6,5
3	AR0	F2S0	FA+C		25%		75%	14
4	AR0	F0S1	SF+C			7%	93%	19
5	AR0	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	16
6	AR0	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	9,5
7	AR1	F0S0	C				100%	14
8	AR1	F1S0	FA+C	10%			90%	12
9	AR1	F2S0	FA+C		25%		75%	14,5
10	AR1	F0S1	SF+C			7%	93%	14
11	AR1	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	12
12	AR1	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	13
13	AR2	F0S0	C				100%	13
14	AR2	F1S0	FA+C	10%			90%	12,5
15	AR2	F2S0	FA+C		25%		75%	17
16	AR2	F0S1	SF+C			7%	93%	16
17	AR2	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	16
18	AR2	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	14,5
19	BR0	F0S0	C				100%	9
20	BR0	F1S0	FA+C	10%			90%	6,5
21	BR0	F2S0	FA+C		25%		75%	14
22	BR0	F0S1	SF+C			7%	93%	19
23	BR0	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	16
24	BR0	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	9,5
25	BR1	F0S0	C				100%	14
26	BR1	F1S0	FA+C	10%			90%	12
27	BR1	F2S0	FA+C		25%		75%	14,5
28	BR1	F0S1	SF+C			7%	93%	14
29	BR1	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	12
30	BR1	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	13
31	BR2	F0S0	C				100%	13
32	BR2	F1S0	FA+C	10%			90%	12,5
33	BR2	F2S0	FA+C		25%		75%	17
34	BR2	F0S1	SF+C			7%	93%	16
35	BR2	F1S1	FA+SF+C	10%		7%	83%	16
36	BR2	F2S1	FA+SF+C		25%	7%	68%	14,5

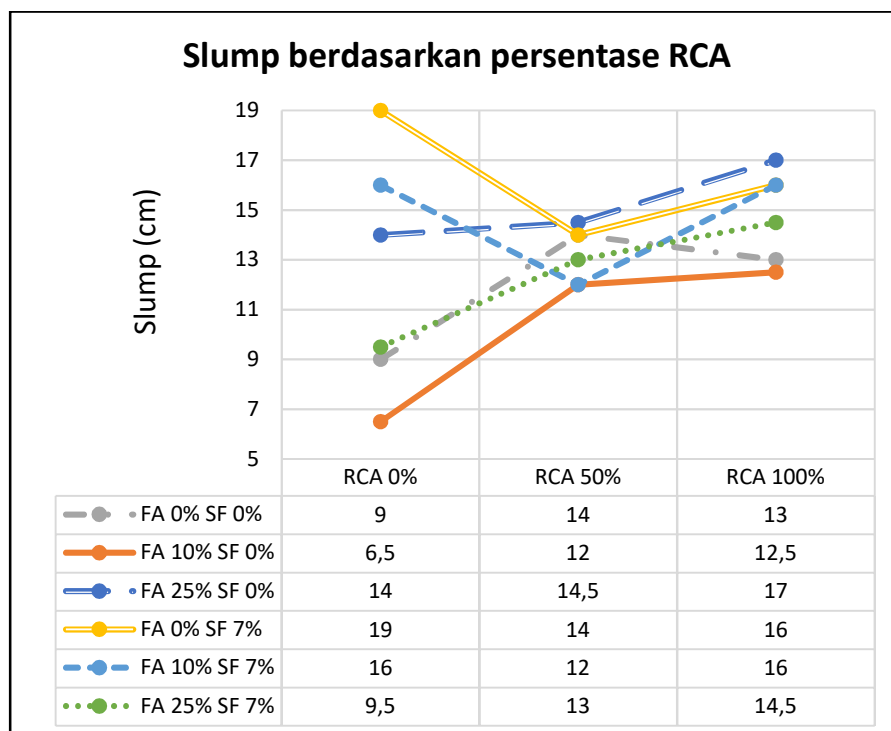
Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diperoleh nilai slump dari setiap pembuatan campuran beton pada setiap sampel. Nilai slump paling kecil pada pengujian ini adalah terbesar adalah

19 cm dan yang terendah adalah 6,5 cm. Semakin besar nilai slump, maka semakin mudah pengerjaannya, dan semakin kecil nilai slump, maka kemudahan pekerjaan (*workability*) semakin rendah. Hal ini juga akan berpengaruh pada kuat tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, nilai slump yang besar akan memiliki kandungan air yang banyak pula, maka akan meningkatkan nilai kuat tekan pada beton porus. Pada penelitian ini apabila dilihat berdasarkan penggunaan *fly ash* dan *silica fume* dapat memberikan pengaruh terhadap slump seperti pada gambar 4.1.

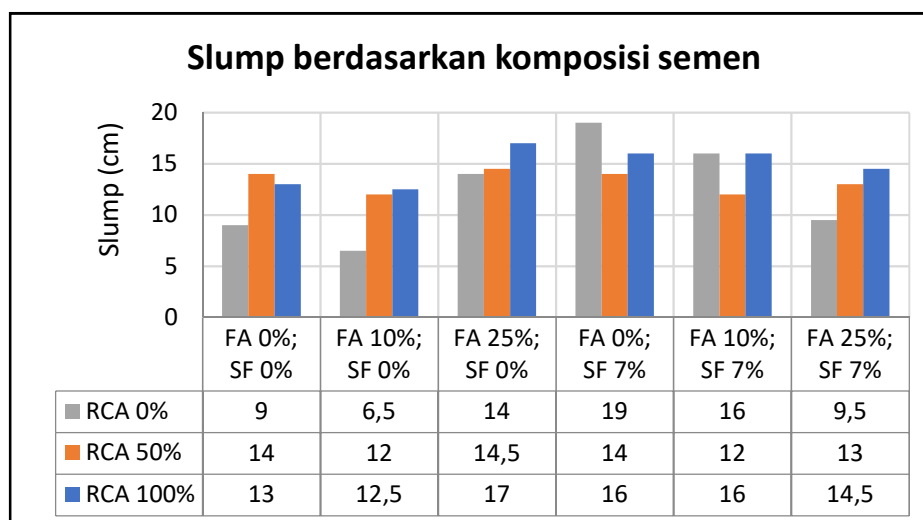


Gambar 4.1 Hubungan nilai slump terhadap variasi substitusi semen yaitu; a) variasi *fly ash* b) variasi *silica fume* c) variasi campuran *fly ash* dan *silica fume*

Berdasarkan gambar 4.1 didapatkan nilai slump terhadap beton porus tanpa menggunakan *fly ash* maupun *silica fume* (FA 0%; SF 0%) terlihat lebih kecil dibandingkan dengan nilai slump dengan campuran semen berupa *fly ash* (FA 25%; SF 0%) dan campuran semen berupa *silica fume* (FA 0%; SF 7%). Hal ini menunjukkan penggunaan *fly ash* dan *silica fume* akan meningkatkan *workability* beton porous. Namun, sebaliknya penggunaan *fly ash* 10% pada beton porus justru akan menurunkan *workability* meskipun dengan tambahan *silica fume* 7%.



Gambar 4.2 Hubungan Persentase RCA terhadap Nilai Slump



Gambar 4.3 Hubungan Penambahan *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Nilai Slump Beton Porous



Gambar 4.4 Pengukuran slump beton segar

4.3 Berat Volume dan Angka Pori Beton Segar

4.3.1 Berat Volume Beton Segar

Berat volume beton segar merupakan perbandingan antara massa beton dengan volume alat uji. Berat beton diambil dari berat alat uji yang berisi beton segar, M_c dikurangi berat alat uji, M_m . Pada saat beton dituangkan ke dalam alat uji, beton dibagi menjadi dua lapisan. Masing-masing lapisan dipadatkan menggunakan *proctor hammer standart* sebanyak 20 kali. Data yang diperoleh diolah menggunakan persamaan 2.4. Tabel 4.12 merupakan berat volume (D) beton *porous* yang telah diuji.

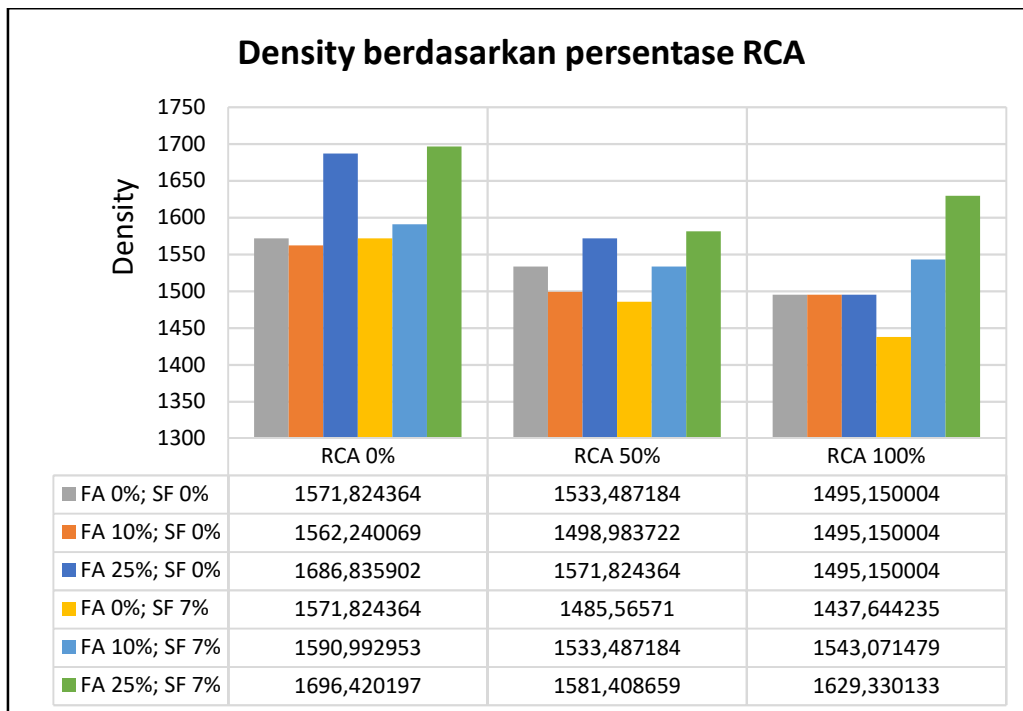
Tabel 4.12

Dimensi Alat Ukur Uji *Density* dan *Void Ratio* Beton Segar

No	Data Alat Ukur	Dimensi
1.	Diameter (d)	18,5 cm
2.	Tinggi (h)	19,4 cm
3.	Volume (V_m)	$5216,867 \text{ cm}^3$
4.	Massa (M_m)	5,7 kg

Tabel 4.13
Berat Volume Beton Segar

KODE MIX DESIGN	Massa total penyusun beton Ms (kg)	Mc (kg)	Mm (kg)	Volume total penyusun beton Vs (m3)	<i>Density</i>		<i>Theoritical Density</i>
					(D) kg/m3		(T) kg/m3
AR0 F0S0	8,099	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2529,073275
AR0 F1S0	8,169	13,85	5,7	0,005217	1562,240069		2519,986079
AR0 F2S0	8,274	14,5	5,7	0,005217	1686,835902		2506,761767
AR0 F0S1	8,096	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2518,819962
AR0 F1S1	8,166	14	5,7	0,005217	1590,992953		2509,890716
AR0 F2S1	8,272	14,55	5,7	0,005217	1696,420197		2496,894801
AR1 F0S0	7,779	13,7	5,7	0,005217	1533,487184		2443,466585
AR1 F1S0	7,849	13,52	5,7	0,005217	1498,983722		2435,372587
AR1 F2S0	7,954	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2423,595702
AR1 F0S1	7,777	13,45	5,7	0,005217	1485,56571		2433,478426
AR1 F1S1	7,847	13,7	5,7	0,005217	1533,487184		2425,536337
AR1 F2S1	7,952	13,95	5,7	0,005217	1581,408659		2413,979166
AR2 F0S0	7,459	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2356,85133
AR2 F1S0	7,529	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2349,774481
AR2 F2S0	7,634	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2339,47938
AR2 F0S1	7,457	13,2	5,7	0,005217	1437,644235		2347,135289
AR2 F1S1	7,527	13,75	5,7	0,005217	1543,071479		2340,204061
AR2 F2S1	7,632	14,2	5,7	0,005217	1629,330133		2330,119644
BR0 F0S0	8,099	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2529,073275
BR0 F1S0	8,169	13,85	5,7	0,005217	1562,240069		2519,986079
BR0 F2S0	8,274	14,5	5,7	0,005217	1686,835902		2506,761767
BR0 F0S1	8,096	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2518,819962
BR0 F1S1	8,166	14	5,7	0,005217	1590,992953		2509,890716
BR0 F2S1	8,272	14,55	5,7	0,005217	1696,420197		2496,894801
BR1 F0S0	7,779	13,7	5,7	0,005217	1533,487184		2443,466585
BR1 F1S0	7,849	13,52	5,7	0,005217	1498,983722		2435,372587
BR1 F2S0	7,954	13,9	5,7	0,005217	1571,824364		2423,595702
BR1 F0S1	7,777	13,45	5,7	0,005217	1485,56571		2433,478426
BR1 F1S1	7,847	13,7	5,7	0,005217	1533,487184		2425,536337
BR1 F2S1	7,952	13,95	5,7	0,005217	1581,408659		2413,979166
BR2 F0S0	7,459	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2356,85133
BR2 F1S0	7,529	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2349,774481
BR2 F2S0	7,634	13,5	5,7	0,005217	1495,150004		2339,47938
BR2 F0S1	7,457	13,2	5,7	0,005217	1437,644235		2347,135289
BR2 F1S1	7,527	13,75	5,7	0,005217	1543,071479		2340,204061
BR2 F2S1	7,632	14,2	5,7	0,005217	1629,330133		2330,119644



Gambar 4.5 Nilai density berdasarkan komposisi RCA

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat diperoleh nilai berat volume beton segar untuk mengetahui kepadatan beton segar aktual. Hasil pengujian berat volume menunjukkan bahwa pada RCA 0% memiliki berat volume yang paling besar yaitu sebesar $1696,42 \text{ kg/m}^3$, pada RCA 50% memiliki berat volume yang paling besar yaitu sebesar $1581,41 \text{ kg/m}^3$, dan pada RCA 100% memiliki berat volume yang paling besar yaitu sebesar $1629,33 \text{ kg/m}^3$. Hasil berat volume beton porous juga dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Pengambilan data Mc untuk berat volume

4.3.2 Void Ratio Beton Segar

Selanjutnya menentukan *void ratio* untuk mengetahui persentase pori-pori pada beton. Angka pori diperoleh dari perbandingan antara selisih berat volume teori dan berat volume aktual dengan volume aktual. Berat volume teori diperoleh dari perbandingan massa campuran dengan volume absolut total dari komponen material dalam campuran. Komponen material untuk menghitung berat volume beton dalam kondisi bebas udara dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14
Mix Design

No.	KODE MIX DESIGN	Semen (kg)	Air (kg)	RCA (kg)	NCA (kg)	FA (kg)		SF (kg)
						10%	25%	7%
1.	AR0 F0S0	1,372	0.313	0,0	6,413	0,000	0,000	0,000
2.	AR0 F1S0	1,235	0.313	0,0	6,413	0,207	0,000	0,000
3.	AR0 F2S0	1,029	0.313	0,0	6,413	0,000	0,518	0,000
4.	AR0 F0S1	1,276	0.313	0,0	6,413	0,000	0,000	0,094
5.	AR0 F1S1	1,139	0.313	0,0	6,413	0,207	0,000	0,094
6.	AR0 F2S1	0,933	0.313	0,0	6,413	0,000	0,518	0,094
7.	AR1 F0S0	1,372	0.313	2,887	3,207	0,000	0,000	0,000
8.	AR1 F1S0	1,235	0.313	2,887	3,207	0,207	0,000	0,000
9.	AR1 F2S0	1,029	0.313	2,887	3,207	0,000	0,518	0,000
10.	AR1 F0S1	1,276	0.313	2,887	3,207	0,000	0,000	0,094
11.	AR1 F1S1	1,139	0.313	2,887	3,207	0,207	0,000	0,094
12.	AR1 F2S1	0,933	0.313	2,887	3,207	0,000	0,518	0,094
13.	AR2 F0S0	1,372	0.313	5,774	0,0	0,000	0,000	0,000
14.	AR2 F1S0	1,235	0.313	5,774	0,0	0,207	0,000	0,000
15.	AR2 F2S0	1,029	0.313	5,774	0,0	0,000	0,518	0,000
16.	AR2 F0S1	1,276	0.313	5,774	0,0	0,000	0,000	0,094
17.	AR2 F1S1	1,139	0.313	5,774	0,0	0,207	0,000	0,094
18.	AR2 F2S1	0,933	0.313	5,774	0,0	0,000	0,518	0,094
19.	BR0 F0S0	1,372	0.313	0,0	6,413	0,000	0,000	0,000
20.	BR0 F1S0	1,235	0.313	0,0	6,413	0,207	0,000	0,000
21.	BR0 F2S0	1,029	0.313	0,0	6,413	0,000	0,518	0,000
22.	BR0 F0S1	1,276	0.313	0,0	6,413	0,000	0,000	0,094
23.	BR0 F1S1	1,139	0.313	0,0	6,413	0,207	0,000	0,094
24.	BR0 F2S1	0,933	0.313	0,0	6,413	0,000	0,518	0,094
25.	BR1 F0S0	1,372	0.313	2,887	3,207	0,000	0,000	0,000
26.	BR1 F1S0	1,235	0.313	2,887	3,207	0,207	0,000	0,000
27.	BR1 F2S0	1,029	0.313	2,887	3,207	0,000	0,518	0,000
28.	BR1 F0S1	1,276	0.313	2,887	3,207	0,000	0,000	0,094
29.	BR1 F1S1	1,139	0.313	2,887	3,207	0,207	0,000	0,094
30.	BR1 F2S1	0,933	0.313	2,887	3,207	0,000	0,518	0,094
31.	BR2 F0S0	1,372	0.313	5,774	0,0	0,000	0,000	0,000
32.	BR2 F1S0	1,235	0.313	5,774	0,0	0,207	0,000	0,000
33.	BR2 F2S0	1,029	0.313	5,774	0,0	0,000	0,518	0,000
34.	BR2 F0S1	1,276	0.313	5,774	0,0	0,000	0,000	0,094
35.	BR2 F1S1	1,139	0.313	5,774	0,0	0,207	0,000	0,094
36.	BR2 F2S1	0,933	0.313	5,774	0,0	0,000	0,518	0,094

Tabel 4.15
Berat Jenis setiap Material

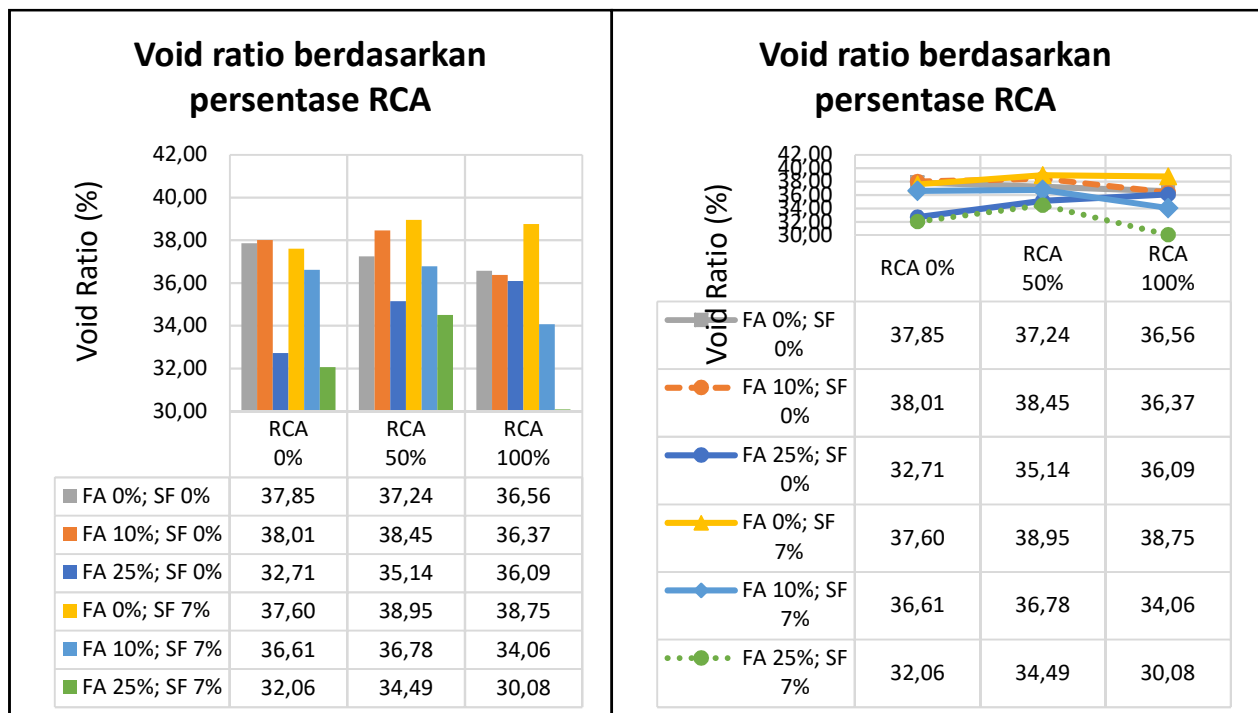
No.	KODE MIX DESIGN	BJ FA (kg/m ³)	BJ SF (kg/m ³)	BJ Semen (kg/m ³)	BJ Air (kg/m ³)	BJ RCA (kg/m ³)	BJ NCA (kg/m ³)
1.	AR0 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
2.	AR0 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
3.	AR0 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
4.	AR0 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
5.	AR0 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
6.	AR0 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
7.	AR1 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
8.	AR1 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
9.	AR1 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
10.	AR1 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
11.	AR1 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
12.	AR1 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
13.	AR2 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
14.	AR2 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
15.	AR2 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
16.	AR2 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
17.	AR2 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
18.	AR2 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
19.	BR0 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
20.	BR0 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
21.	BR0 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
22.	BR0 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
23.	BR0 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
24.	BR0 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
25.	BR1 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
26.	BR1 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
27.	BR1 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
28.	BR1 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
29.	BR1 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
30.	BR1 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
31.	BR2 F0S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
32.	BR2 F1S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
33.	BR2 F2S0	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
34.	BR2 F0S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
35.	BR2 F1S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914
36.	BR2 F2S1	2500	2200	3153	1000	2389,646	2613,914

Pada Tabel 4.15 merupakan komponen yang akan digunakan untuk mendapatkan densitas teori dengan volume absolut material. Untuk komponen agregat, berat jenis jenuh dan massa harus didasarkan pada kondisi jenuh kering permukaan. Berat jenis semen harus berdasarkan pada uji ASTM C 188, berat jenis semen sebesar 3,15 dapat digunakan untuk semen yang dibuat di pabrik sesuai dengan persyaratan pada ASTM C 150/C 150 M.

komposisi berat material berdasarkan perbandingan semen dan agregat yaitu 1 : 4 sedangkan FAS (Faktor air Semen) adalah sebesar 0,3. Angka *Void ratio* dapat dilihat pada Tabel 4.16.

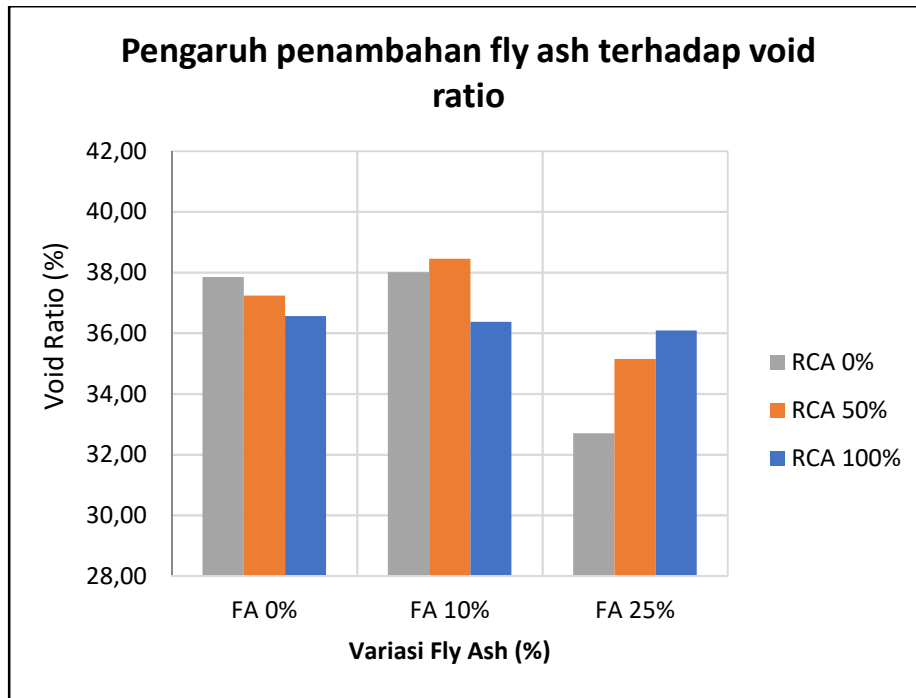
Tabel 4.16
Angka Pori *Beton Porous*

NO	KODE MIX DESIGN		<i>Density</i>	<i>Theoritical Density</i>	<i>Void Ratio</i>
			(D) kg/m ³	(T) kg/m ³	(U)%
1	AR0	F0S0	1571,82	2529,07	37,85
2	AR0	F1S0	1562,24	2519,98	38,01
3	AR0	F2S0	1686,84	2506,76	32,71
4	AR0	F0S1	1571,82	2518,82	37,60
5	AR0	F1S1	1590,99	2509,89	36,61
6	AR0	F2S1	1696,42	2496,89	32,06
7	AR1	F0S0	1533,49	2443,47	37,24
8	AR1	F1S0	1498,98	2435,37	38,45
9	AR1	F2S0	1571,82	2423,60	35,14
10	AR1	F0S1	1485,57	2433,48	38,95
11	AR1	F1S1	1533,49	2425,54	36,78
12	AR1	F2S1	1581,41	2413,98	34,49
13	AR2	F0S0	1495,15	2356,85	36,56
14	AR2	F1S0	1495,15	2349,78	36,37
15	AR2	F2S0	1495,15	2339,48	36,09
16	AR2	F0S1	1437,64	2347,14	38,75
17	AR2	F1S1	1543,07	2340,21	34,06
18	AR2	F2S1	1629,33	2330,12	30,08
19	BR0	F0S0	1571,82	2529,07	37,85
20	BR0	F1S0	1562,24	2519,98	38,01
21	BR0	F2S0	1686,84	2506,76	32,71
22	BR0	F0S1	1571,82	2518,82	37,60
23	BR0	F1S1	1590,99	2509,89	36,61
24	BR0	F2S1	1696,42	2496,89	32,06
25	BR1	F0S0	1533,49	2443,47	37,24
26	BR1	F1S0	1498,98	2435,37	38,45
27	BR1	F2S0	1571,82	2423,60	35,14
28	BR1	F0S1	1485,57	2433,48	38,95
29	BR1	F1S1	1533,49	2425,54	36,78
30	BR1	F2S1	1581,41	2413,98	34,49
31	BR2	F0S0	1495,15	2356,85	36,56
32	BR2	F1S0	1495,15	2349,78	36,37
33	BR2	F2S0	1495,15	2339,48	36,09
34	BR2	F0S1	1437,64	2347,14	38,75
35	BR2	F1S1	1543,07	2340,21	34,06
36	BR2	F2S1	1629,33	2330,12	30,08

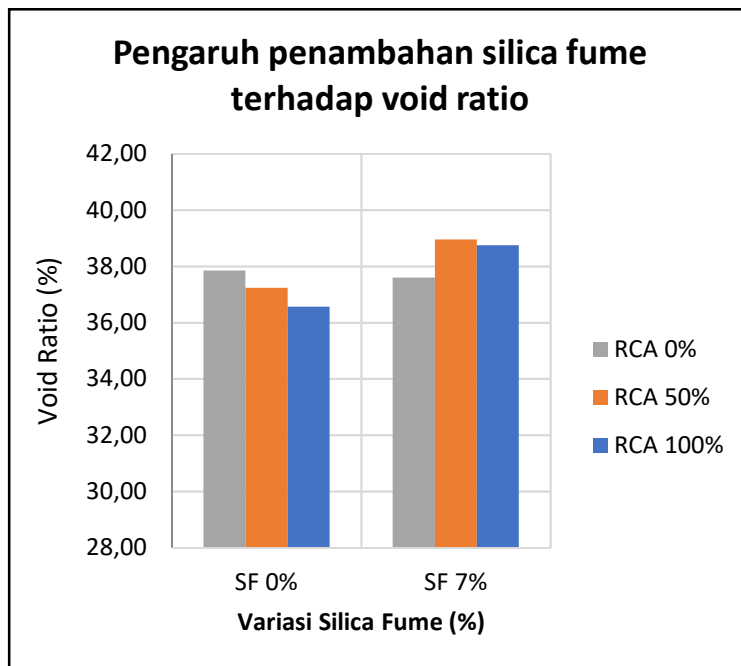


Gambar 4.7 Grafik hubungan antara *void ratio* dan komposisi RCA

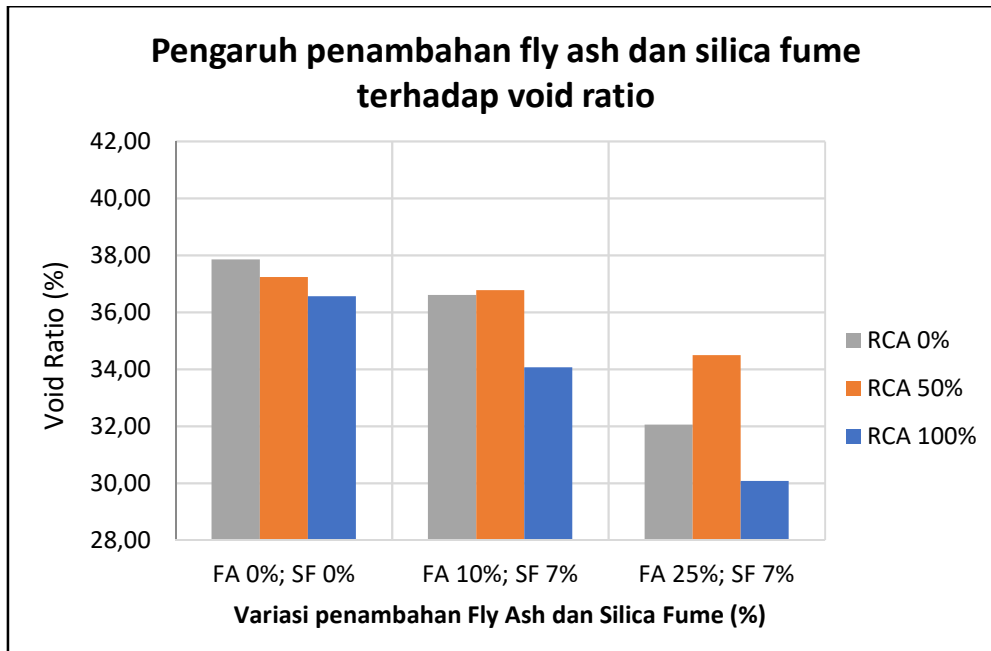
Hubungan variasi persentase RCA terhadap *void ratio* beton segar seperti pada gambar 4.7, bahwa variasi persentase RCA dapat mempengaruhi *void ratio*, dimana penggunaan RCA 50% dan 100% dapat mengurangi *void ratio* pada campuran semen normal tanpa menggunakan *fly ash* dan *silica fume*. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya agregat daur ulang yang masih terdapat mortar lama. RCA memiliki berat jenis yang lebih ringan dibanding NCA maka dapat dipastikan RCA akan lebih mudah rapuh dan hancur apabila dipadatkan. Oleh karena itu semakin banyak RCA akan lebih mudah mengisi rongga dibandingkan dengan beton porus menggunakan agregat normal. Perolehan ini menunjukkan bahwa penggunaan RCA dapat menambah rongga pada beton porus. Hal tersebut disebabkan oleh adanya mortar yang tersisa pada agregat kasar daur ulang memiliki rongga lebih banyak dan memiliki berat yang ringan dibandingkan dengan agregat alami.



Gambar 4.8 Void ratio berdasarkan penambahan FA



Gambar 4.9 Void ratio berdasarkan penambahan SF



Gambar 4.10 Void ratio berdasarkan penambahan campuran FA+SF

Apabila dilihat dari hubungan variasi komposisi semen terhadap *void ratio* beton segar seperti pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10, bahwa penambahan *fly ash* dan *silica fume* dapat mempengaruhi *void ratio*, dimana penambahan *fly ash* 25% dapat mengurangi *void ratio*. Sedangkan penambahan *silica fume* 7% menyebabkan peningkatan nilai *void ratio*. Dari pencampuran semen *fly ash* 25% dan *silica fume* 7% mengalami penurunan yang paling signifikan pada campuran yang menggunakan RCA 100%.

Pada Tabel 4.16 merupakan angka pori dari beton porous pada setiap campuran. Hasil pada tabel menunjukkan beton dengan agregat dengan kadar RCA 50%, FA 0% dan SF 7% menunjukkan angka pori yang paling besar yaitu 38,95%, sedangkan beton pada ukuran agregat dengan kadar RCA 100%, 25%, dan SF 7% menunjukkan angka pori paling kecil yaitu 30,08%. Angka pori yang besar disebabkan karena agregat yang berukuran 1 – 2 cm yang mengakibatkan luas permukaan agregat yang diikat oleh pasta semen menjadi kecil. Selain itu, pengaruh berat jenis material yang mempengaruhi berat volume absolut untuk seluruh komponen dan juga sifat dari *fly ash* dan *silica fume* sebagai pengganti semen yang juga mengisi rongga – rongga di dalam beton, sehingga menunjukkan semakin besar presentase *fly ash* dan *silica fume* yang dengan batas maksimumnya akan mengurangi nilai angka pori pada beton. Hal ini berarti bahwa semakin rendah angka pori, semakin tinggi kepadatan betonnya.

4.4 Permeabilitas Beton

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton tersebut dapat dilalui air, maka beton tersebut dikatakan permeabel. Jika sebaliknya, maka beton tersebut dikatakan impermeabel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui angka permeabilitas pada beton porous dalam satuan mm/s dengan menggunakan metode *falling head* karena memungkinkan beton untuk dapat dilalui air. Alat uji falling head beton dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Alat uji *falling head* beton porous

Pengujian ini dilakukan dengan cara memasang beton pada pipa sebelah kanan yang memiliki diameter sebesar 112 mm (dapat dilihat pada Gambar 4.11), mengukur permukaan beton yang telah dipasang agar permukaan air pada pipa di sebelah kiri sama tingginya dengan permukaan beton, kemudian memasang pipa di atas beton untuk diisi air melalui pipa kanan, lalu membuka kran dibagian bawah agar pipa sebelah kiri terisi air. Ketika air sudah sampai pada penanda, lalu mengukur permukaan air pipa kiri terhadap penanda pada pipa kanan hal ini dilakukan untuk memulai pengukuran tinggi air dari atas beton, yang telah tertutup oleh pipa. Kemudian mengukur tinggi air awal, dan tinggi air akhir. Selisih tinggi air awal dan akhir dibuat batasan sejauh 300 mm. Kemudian isi air sampai pada tinggi yang ditentukan, kemudian membuka kran bawah bersamaan dengan mengukur waktu penurunan air sejauh 300 mm menggunakan *stopwatch*.



Gambar 4.12 Mengukur tinggi permukaan beton terhadap pipa kiri



Gambar 4.13 Mengukur tinggi awal air dari permukaan beton

Data yang diperoleh dari pengujian ini yaitu diameter setiap sampel, tinggi sampel, tinggi air awal, tinggi air akhir, dan waktu penurunan. Sehingga dapat diperoleh permeabilitas pada Tabel 4.17.

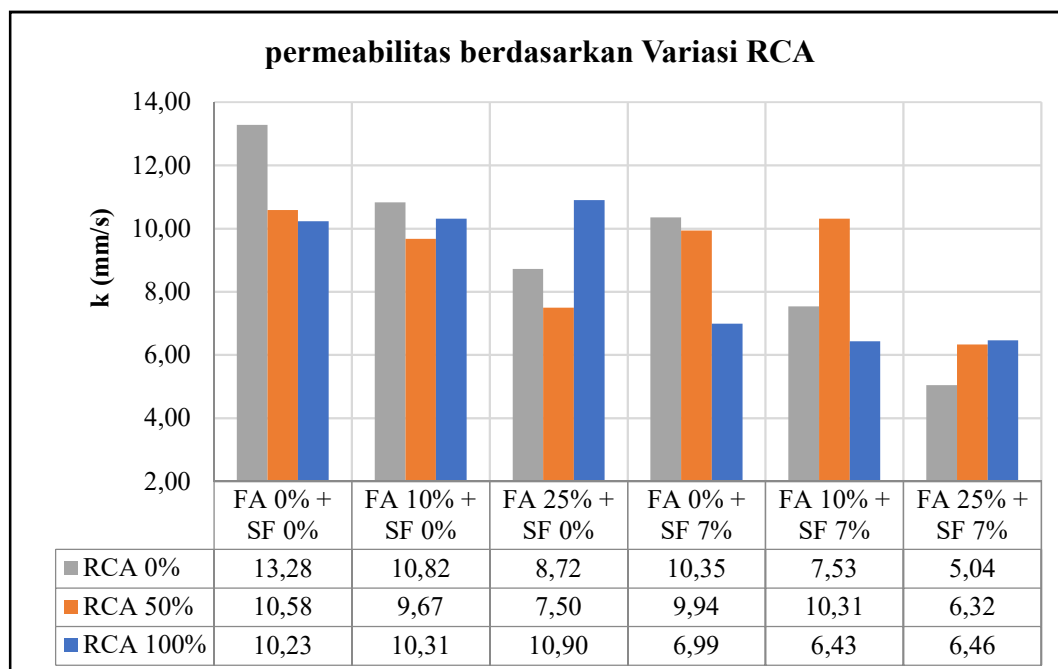
Tabel 4.17 Permeabilitas Beton

NO	KODE MIX		SAMPEL	d1	A ₁	d2	A ₂	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>h</i> 2	<i>h</i> 1	<i>h</i> 2/ <i>h</i> 1	<i>k</i>	<i>k</i> rata-rata
1	AR0	F0S0	I	107	8995,64	112	9856	200,0	5,283	490	190	2,5789	14,2155	13,2811
	BR0	F0S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	5,953	505	205	2,4634	12,0053	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	5,247	505	205	2,4634	13,6223	
2	AR0	F1S0	I	107	8995,64	112	9856	200,0	7,600	508	208	2,4423	9,3144	10,8250
	BR0	F1S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	5,400	501	201	2,4925	13,4081	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	7,400	502	202	2,4851	9,7525	
3	AR0	F2S0	I	106	8828,29	112	9856	201,5	7,507	504	204	2,4706	9,4444	8,7155
	BR0	F2S0	II	105	8662,50	112	9856	201,5	8,233	504	204	2,4706	8,4492	
			III	107	8995,64	112	9856	201,5	8,533	512	212	2,4151	8,2530	
4	AR0	F0S1	I	107	8995,64	112	9856	200,0	8,130	513	213	2,4085	8,5711	10,3514
	BR0	F0S1	II	107	8995,64	112	9856	200,0	5,343	513	213	2,4085	13,0411	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	7,403	512	212	2,4151	9,4419	
5	AR0	F1S1	I	106	8828,29	112	9856	202,0	10,933	511	211	2,4218	6,3571	7,5342
	BR0	F1S1	II	106	8828,29	112	9856	202,0	8,533	512	212	2,4151	8,1196	
			III	106	8828,29	112	9856	202,0	8,500	513	213	2,4085	8,1259	
6	AR0	F2S1	I	107	8995,64	112	9856	200,0	13,800	498	198	2,5152	5,2985	5,0359
	BR0	F2S1	II	107	8995,64	112	9856	200,0	15,967	498	198	2,5152	4,5795	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	13,890	500	200	2,5000	5,2297	
7	AR1	F0S0	I	106	8828,29	112	9856	203,0	7,147	505	205	2,4634	9,9619	10,5831
	BR1	F0S0	II	105	8662,50	112	9856	202,0	6,733	505	205	2,4634	10,3237	
			III	107	8995,64	112	9856	202,0	6,400	500	200	2,5000	11,4636	
8	AR1	F1S0	I	107	8995,64	112	9856	200,0	8,533	502	202	2,4851	8,4572	9,6737
	BR1	F1S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	7,733	505	205	2,4634	9,2420	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	6,567	493	193	2,5544	11,3219	
9	AR1	F2S0	I	106	8828,29	112	9856	200,0	9,067	496	196	2,5306	7,9672	7,4956
	BR1	F2S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	8,833	495	195	2,5385	8,3605	

			III	106	8828,29	112	9856	201,0	11,300	509	209	2,4354	6,1592	
10	AR1	F0S1	I	107	8995,64	112	9856	200,0	7,867	499	199	2,5075	9,2643	9,9385
	BR1	F0S1	II	107	8995,64	112	9856	200,0	6,667	499	199	2,5075	10,9319	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	7,267	512	212	2,4151	9,6195	
11	AR1	F1S1	I	106	8828,29	112	9856	202,0	6,400	503	203	2,4778	11,1410	10,3117
	BR1	F1S1	II	106	8828,29	112	9856	201,0	7,200	499	199	2,5075	9,9835	
			III	107	8995,64	112	9856	202,5	7,400	504	204	2,4706	9,8106	
12	AR1	F2S1	I	107	8995,64	112	9856	200,0	12,467	507	207	2,4493	5,6964	6,3240
	BR1	F2S1	II	107	8995,64	112	9856	201,0	12,767	504	204	2,4706	5,6445	
			III	107	8995,64	112	9856	201,5	9,467	504	204	2,4706	7,6310	
13	AR2	F0S0	I	107	8995,64	112	9856	201,0	6,633	510	210	2,4286	10,6574	10,2261
	BR2	F0S0	II	107	8995,64	112	9856	201,0	6,667	509	209	2,4354	10,6377	
			III	107	8995,64	112	9856	203,0	7,633	509	209	2,4354	9,3830	
14	AR2	F1S0	I	107	8995,64	112	9856	200,0	7,313	509	209	2,4354	9,6489	10,3147
	BR2	F1S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	6,687	500	200	2,5000	10,8635	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	6,963	500	200	2,5000	10,4319	
15	AR2	F2S0	I	107	8995,64	112	9856	200,0	6,633	493	193	2,5544	11,2081	10,8981
	BR2	F2S0	II	107	8995,64	112	9856	200,0	6,633	501	201	2,4925	10,9151	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	6,633	511	211	2,4218	10,5710	
16	AR2	F0S1	I	106,5	8911,77	112	9856	202,0	9,967	506	206	2,4563	7,1523	6,9881
	BR2	F0S1	II	107	8995,64	112	9856	201,0	10,133	510	210	2,4286	6,9764	
			III	105	8662,50	112	9856	200,0	10,267	499	199	2,5075	6,8357	
17	AR2	F1S1	I	107	8995,64	112	9856	200,0	11,267	499	199	2,5075	6,4686	6,4291
	BR2	F1S1	II	107	8995,64	112	9856	200,0	11,633	501	201	2,4925	6,2238	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	10,700	509	209	2,4354	6,5949	
18	AR2	F2S1	I	106	8828,29	112	9856	201,0	9,633	502	202	2,4851	7,3889	6,4584
	BR2	F2S1	II	106	8828,29	112	9856	200,0	13,033	512	212	2,4151	5,2635	
			III	107	8995,64	112	9856	200,0	10,700	503	203	2,4778	6,7228	

Tabel 4.18
Rekapan Nilai Permeabilitas Beton Porus Variasi RCA

NO	KODE MIX		Komposisi semen	Nilai k (mm/s)		
				RCA 0%	RCA 50%	RCA 100%
1	AR0	F0S0	normal	13,2811	10,5831	10,2261
	BR0	F0S0				
2	AR0	F1S0	FA 10%	10,8250	9,6737	10,3147
	BR0	F1S0				
3	AR0	F2S0	FA 25%	8,7155	7,4956	10,8981
	BR0	F2S0				
4	AR0	F0S1	SF 7%	10,3514	9,9385	6,9881
	BR0	F0S1				
5	AR0	F1S1	FA 10% + SF 7%	7,5342	10,3117	6,4291
	BR0	F1S1				
6	AR0	F2S1	FA 25% + SF 7%	5,0359	6,3240	6,4584
	BR0	F2S1				
Rata-rata nilai k				9,2905	9,0544	8,5524

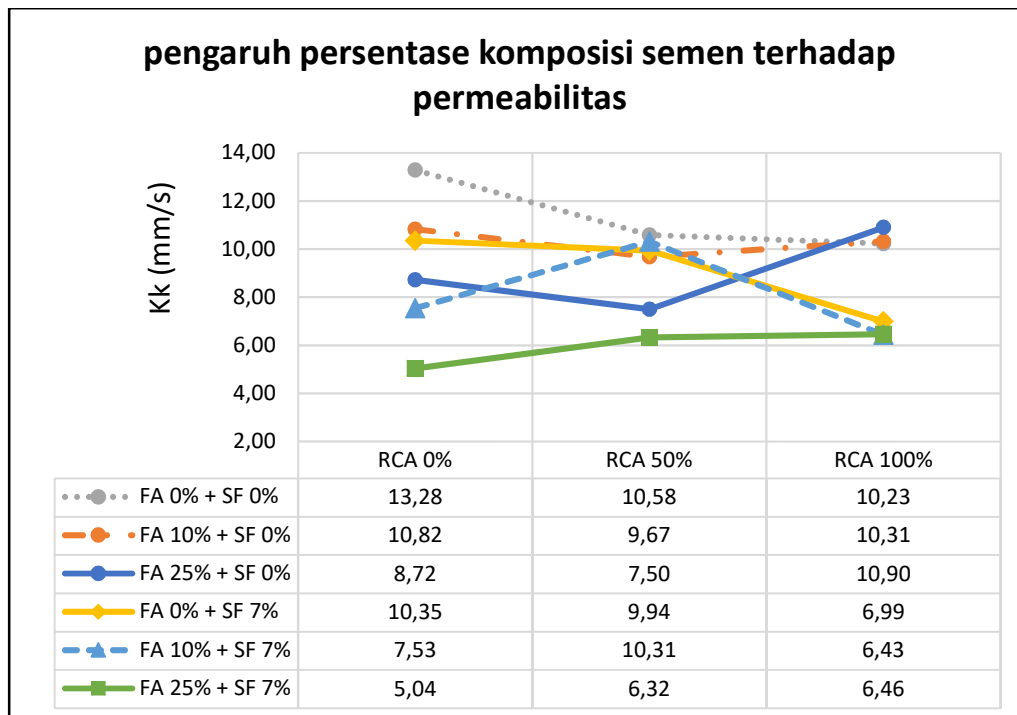


Gambar 4.14 Grafik hubungan permeabilitas dan komposisi RCA

Tabel 4.19

Rekapan Nilai Permeabilitas Beton Porus berdasarkan Variasi Komposisi Semen

NO	KODE MIX		Komposisi semen	Nilai k (mm/s)	Rata-rata k (mm/s)
1	AR0	F0S0	FA 0% + SF 0%	13,28	9,29
	BR0	F0S0			
2	AR0	F1S0	FA 10% + SF 0%	10,82	
	BR0	F1S0			
3	AR0	F2S0	FA 25% + SF 0%	8,72	
	BR0	F2S0			
4	AR0	F0S1	FA 0% + SF 7%	10,35	
	BR0	F0S1			
5	AR0	F1S1	FA 10% + SF 7%	7,53	
	BR0	F1S1			
6	AR0	F2S1	FA 25% + SF 7%	5,04	
	BR0	F2S1			
7	AR1	F0S0	FA 0% + SF 0%	10,58	9,05
	BR1	F0S0			
8	AR1	F1S0	FA 10% + SF 0%	9,67	
	BR1	F1S0			
9	AR1	F2S0	FA 25% + SF 0%	7,50	
	BR1	F2S0			
10	AR1	F0S1	FA 0% + SF 7%	9,94	
	BR1	F0S1			
11	AR1	F1S1	FA 10% + SF 7%	10,31	
	BR1	F1S1			
12	AR1	F2S1	FA 25% + SF 7%	6,32	
	BR1	F2S1			
13	AR2	F0S0	FA 0% + SF 0%	10,23	8,55
	BR2	F0S0			
14	AR2	F1S0	FA 10% + SF 0%	10,31	
	BR2	F1S0			
15	AR2	F2S0	FA 25% + SF 0%	10,90	
	BR2	F2S0			
16	AR2	F0S1	FA 0% + SF 7%	6,99	
	BR2	F0S1			
17	AR2	F1S1	FA 10% + SF 7%	6,43	
	BR2	F1S1			
18	AR2	F2S1	FA 25% + SF 7%	6,46	
	BR2	F2S1			



Gambar 4.15 Grafik Hubungan koefisien permeabilitas dengan variasi komposisi semen

Nilai permeabilitas beton pada Tabel 4.19 merupakan permeabilitas setiap sampel beton pada setiap variasi RCA. Setiap variasi RCA ada 3 sampel beton yang diuji. Untuk memilih hasil uji permeabilitas, bisa diambil kedua-duanya apabila angka berdekatan, dan apabila angka saling berjauhan antara dua sampel, maka diambil data yang mungkin berdasarkan angka *void ratio* yang mungkin. Semakin besar *void ratio*, maka semakin besar pula permeabilitas, dan sebaliknya.

Nilai permeabilitas pada Tabel 4.19 menunjukkan bahwa beton yang paling *permeable* merupakan beton dengan campuran RCA 0 %, FA 0 %, dan SF 0 % yaitu sebesar 13,28 mm/detik, sedangkan pada beton yang paling tidak *permeable* pada beton dengan campuran RCA 0 %, FA 25 %, dan SF 7 % yaitu sebesar 5,04 mm/detik (dapat dilihat pada Gambar 4.14). Hal ini terjadi karena pada beton dengan campuran RCA 0 %, FA 0 %, dan SF 0 %, memiliki angka persentase pori yang besar sehingga air cepat melewati beton. Sedangkan pada permeabilitas yang kecil disebabkan karena angka persentase pori pada variasi ini relatif kecil daripada yang lain (dapat dilihat pada Gambar 4.15).

Pada saat melaksanakan percobaan ini, ada beberapa faktor pengaruh *human error* yang dilakukan oleh penguji, diantaranya adalah kebocoran, variasi tinggi yang tidak sama dalam satu sampel, dan bentuk sampel yang agak lonjong dikarenakan melebarnya pipa ke satu sisi. Tinggi yang bervariasi disebabkan oleh perataan beton yang dilakukan sebelum pengujian,

karena pada proses hidrasi, beton segar mengendap di dasar beton, sehingga menutupi pori-pori beton.



Gambar 4.16 Kondisi sampel permeabilitas dan kuat tekan beton *porous*

4.5 Kuat Tekan Beton *Porous*

Pengujian kuat tekan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh angka pori dan permeabilitas terhadap kuat tekan *beton porous*. Hasil pengujian ini diharapkan mendapatkan kuat tekan yang tinggi untuk mendapatkan variasi RCA yang optimal. Beton diuji pada umur 28 hari. Setiap variasi *mix design* dibuat tiga benda uji dengan ukuran yang sama. Hasil pengujian kuat tekan beton porous dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20
Uji Kuat Tekan Beton Porous

NO	KODE MIX DESIGN	No. Sample	Beban (kN)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata- rata
1	AR0 F0S0	1	74	11,35	20,000	101,218	7,311	5,583
		2	59	11,3	20,667	100,328	5,881	
		3	36	11,35	20,100	101,218	3,557	
2	AR0 F1S0	1	37	11,2	20,167	98,560	3,754	4,236
		2	46	11,2	20,000	98,560	4,667	
		3	43	11,3	20,500	100,328	4,286	
3	AR0 F2S0	1	85	11	19,733	95,071	8,941	8,180
		2	81	11,1	19,900	96,808	8,367	
		3	70	11,1	20,033	96,808	7,231	
4	AR0 F0S1	1	55	11,35	20,200	101,218	5,434	7,041
		2	91	11,3	20,567	100,328	9,070	
		3	67	11,35	20,333	101,218	6,619	

5	AR0	F1S1	1	51	11,2	20,667	98,560	5,175	6,918
			2	72	11,2	20,700	98,560	7,305	
			3	83	11,3	20,633	100,328	8,273	
6	AR0	F2S1	1	86	11,2	19,867	98,560	8,726	7,075
			2	76	11,1	19,633	96,808	7,851	
			3	45	11,1	19,867	96,808	4,648	
7	AR1	F0S0	1	38	11,35	21,000	101,218	3,754	4,031
			2	46	11,3	20,667	100,328	4,585	
			3	38	11,35	20,100	101,218	3,754	
8	AR1	F1S0	1	62	11,2	20,167	98,560	6,291	5,055
			2	40	11,1	20,000	96,808	4,132	
			3	48	11,35	20,500	101,218	4,742	
9	AR1	F2S0	1	66	11,2	19,733	98,560	6,696	7,835
			2	92	11,2	19,900	98,560	9,334	
			3	75	11,3	20,033	100,328	7,475	
10	AR1	F0S1	1	41	11,3	20,200	100,328	4,087	4,496
			2	44	11,1	20,567	96,808	4,545	
			3	47	11,1	20,333	96,808	4,855	
11	AR1	F1S1	1	69	11,35	20,667	101,218	6,817	6,673
			2	71	11,3	20,700	100,328	7,077	
			3	62	11,35	20,633	101,218	6,125	
12	AR1	F2S1	1	82	11,3	19,867	100,328	8,173	7,694
			2	78	11,35	19,633	101,218	7,706	
			3	71	11,2	19,867	98,560	7,204	
13	AR2	F0S0	1	62	11,2	22,000	98,560	6,291	5,353
			2	57	11,3	20,667	100,328	5,681	
			3	41	11,3	20,100	100,328	4,087	
14	AR2	F1S0	1	57	11,1	20,167	96,808	5,888	5,537
			2	48	11,35	20,000	101,218	4,742	
			3	60	11,3	20,500	100,328	5,980	
15	AR2	F2S0	1	86	11,35	19,733	101,218	8,497	7,499
			2	66	11,2	19,900	98,560	6,696	
			3	72	11,2	20,033	98,560	7,305	
16	AR2	F0S1	1	56	11,2	20,200	98,560	5,682	5,517
			2	51	11,3	20,567	100,328	5,083	
			3	55	11	20,333	95,071	5,785	
17	AR2	F1S1	1	44	11,35	20,667	101,218	4,347	5,024
			2	64	11,3	20,700	100,328	6,379	
			3	44	11,35	20,633	101,218	4,347	
18	AR2	F2S1	1	77	11,3	19,867	100,328	7,675	6,533
			2	56	11,35	19,633	101,218	5,533	
			3	63	11,2	19,867	98,560	6,392	
19	BR0	F0S0	1	76	11,35	23,000	101,218	7,509	7,229

			2	59	11,3	20,667	100,328	5,881	
			3	84	11,35	20,100	101,218	8,299	
			1	36	11,2	20,167	98,560	3,653	
20	BR0	F1S0	2	50	11,2	20,000	98,560	5,073	4,204
			3	39	11,3	20,500	100,328	3,887	
			1	81	11,3	19,733	100,328	8,074	
21	BR0	F2S0	2	105	11,35	19,900	101,218	10,374	9,463
			3	98	11,2	20,033	98,560	9,943	
			1	88	11,2	20,200	98,560	8,929	
22	BR0	F0S1	2	74	11,2	20,567	98,560	7,508	7,838
			3	71	11,3	20,333	100,328	7,077	
			1	68	11,3	20,667	100,328	6,778	
23	BR0	F1S1	2	62	11,1	20,700	96,808	6,404	7,286
			3	84	11,1	20,633	96,808	8,677	
			1	75	11	19,867	95,071	7,889	
24	BR0	F2S1	2	97	11	19,633	95,071	10,203	9,277
			3	96	11,2	19,867	98,560	9,740	
			1	42	11,3	24,000	100,328	4,186	
25	BR1	F0S0	2	61	11,1	20,667	96,808	6,301	5,631
			3	62	11,1	20,100	96,808	6,404	
			1	88	11,2	20,167	98,560	8,929	
26	BR1	F1S0	2	58	11,3	20,000	100,328	5,781	7,520
			3	76	11,1	20,500	96,808	7,851	
			1	84	11,3	19,733	100,328	8,373	
27	BR1	F2S0	2	83	11,35	19,900	101,218	8,200	7,655
			3	63	11,2	20,033	98,560	6,392	
			1	73	11,3	20,200	100,328	7,276	
28	BR1	F0S1	2	87	11,3	20,567	100,328	8,672	6,797
			3	43	11,1	20,333	96,808	4,442	
			1	77	11,2	20,667	98,560	7,813	
29	BR1	F1S1	2	88	11,1	20,700	96,808	9,090	8,113
			3	72	11,1	20,633	96,808	7,437	
			1	122	11,3	19,867	100,328	12,160	
30	BR1	F2S1	2	95	11,35	19,633	101,218	9,386	10,632
			3	102	11,2	19,867	98,560	10,349	
			1	66	11,35	25,000	101,218	6,521	
31	BR2	F0S0	2	50	11,3	20,667	100,328	4,984	4,987
			3	35	11,35	20,100	101,218	3,458	
			1	61	11,2	20,167	98,560	6,189	
32	BR2	F1S0	2	57	11,2	20,000	98,560	5,783	5,752
			3	53	11,3	20,500	100,328	5,283	
			1	94	11,2	19,733	98,560	9,537	
33	BR2	F2S0	2	75	11,3	19,900	100,328	7,475	8,106
			3	72	11,2	20,033	98,560	7,305	
			1	45	11,3	20,200	100,328	4,485	
34	BR2	F0S1	1	45	11,3	20,200	100,328	4,485	5,132

			2	56	11,35	20,567	101,218	5,533	
			3	53	11,2	20,333	98,560	5,377	
35	BR2	F1S1	1	86	11,35	20,667	101,218	8,497	
			2	82	11,3	20,700	100,328	8,173	7,434
			3	57	11,35	20,633	101,218	5,631	
36	BR2	F2S1	1	90	11,2	19,867	98,560	9,131	
			2	108	11,2	19,633	98,560	10,958	9,653
			3	89	11,3	19,867	100,328	8,871	

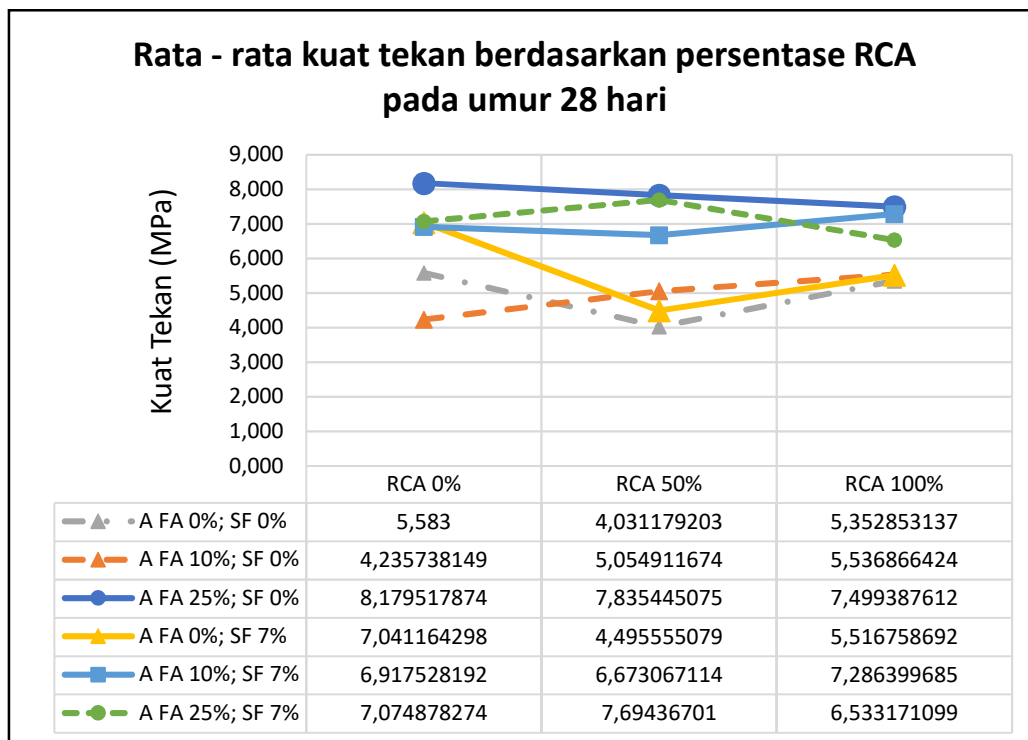
Hasil kuat tekan pada Tabel 4.20 merupakan hasil dari tiga buah sampel pada setiap variasi *mix design*, maka perlu mencari kuat tekan rata-rata pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 4.21

Tabel 4.21

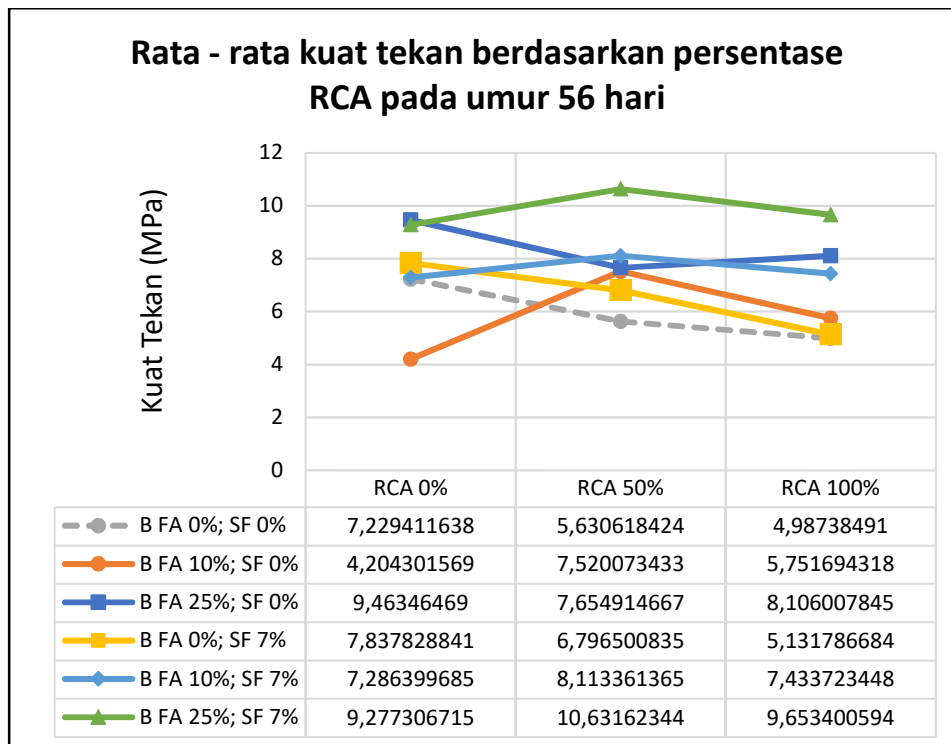
Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton Poraus

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F0S0	5,582795464
2	AR0	F1S0	4,235738149
3	AR0	F2S0	8,179517874
4	AR0	F0S1	7,041164298
5	AR0	F1S1	6,917528192
6	AR0	F2S1	7,074878274
7	AR1	F0S0	4,031179203
8	AR1	F1S0	5,054911674
9	AR1	F2S0	7,835445075
10	AR1	F0S1	4,495555079
11	AR1	F1S1	6,673067114
12	AR1	F2S1	7,69436701
13	AR2	F0S0	5,352853137
14	AR2	F1S0	5,536866424
15	AR2	F2S0	7,499387612
16	AR2	F0S1	5,516758692
17	AR2	F1S1	5,024406371
18	AR2	F2S1	6,533171099
19	BR0	F0S0	7,229411638
20	BR0	F1S0	4,204301569
21	BR0	F2S0	9,46346469
22	BR0	F0S1	7,837828841
23	BR0	F1S1	7,286399685
24	BR0	F2S1	9,277306715

25	BR1	F0S0	5,630618424
26	BR1	F1S0	7,520073433
27	BR1	F2S0	7,654914667
28	BR1	F0S1	6,796500835
29	BR1	F1S1	8,113361365
30	BR1	F2S1	10,63162344
31	BR2	F0S0	4,98738491
32	BR2	F1S0	5,751694318
33	BR2	F2S0	8,106007845
34	BR2	F0S1	5,131786684
35	BR2	F1S1	7,433723448
36	BR2	F2S1	9,653400594



Gambar 4.17 Grafik uji kuat tekan terhadap komposisi RCA pada umur 28 hari



Gambar 4.18 Grafik uji kuat tekan terhadap komposisi RCA pada umur 56 hari

Pada Tabel 4.21 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design*. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan campuran RCA 0%, FA 25%, dan SF 0% pada umur 28 hari memiliki rata – rata nilai kuat tekan yang tinggi yaitu sebesar 9,2095 MPa sedangkan rata – rata nilai kuat tekan terendah pada variasi *mix design* RCA 50%, FA 0%, dan SF 0% pada umur 28 hari yaitu sebesar 4,494 Mpa. Untuk beton yang memiliki rata – rata nilai kuat tekan yang tinggi dengan umur 56 hari dengan campuran RCA 50%, FA 25%, dan SF 7% yaitu sebesar 12,923 MPa, sedangkan untuk beton yang berumur 56 hari dengan rata – rata nilai kuat tekannya rendah pada variasi campuran RCA 0%, FA 10%, dan SF 0% yaitu sebesar 4,817 MPa. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.

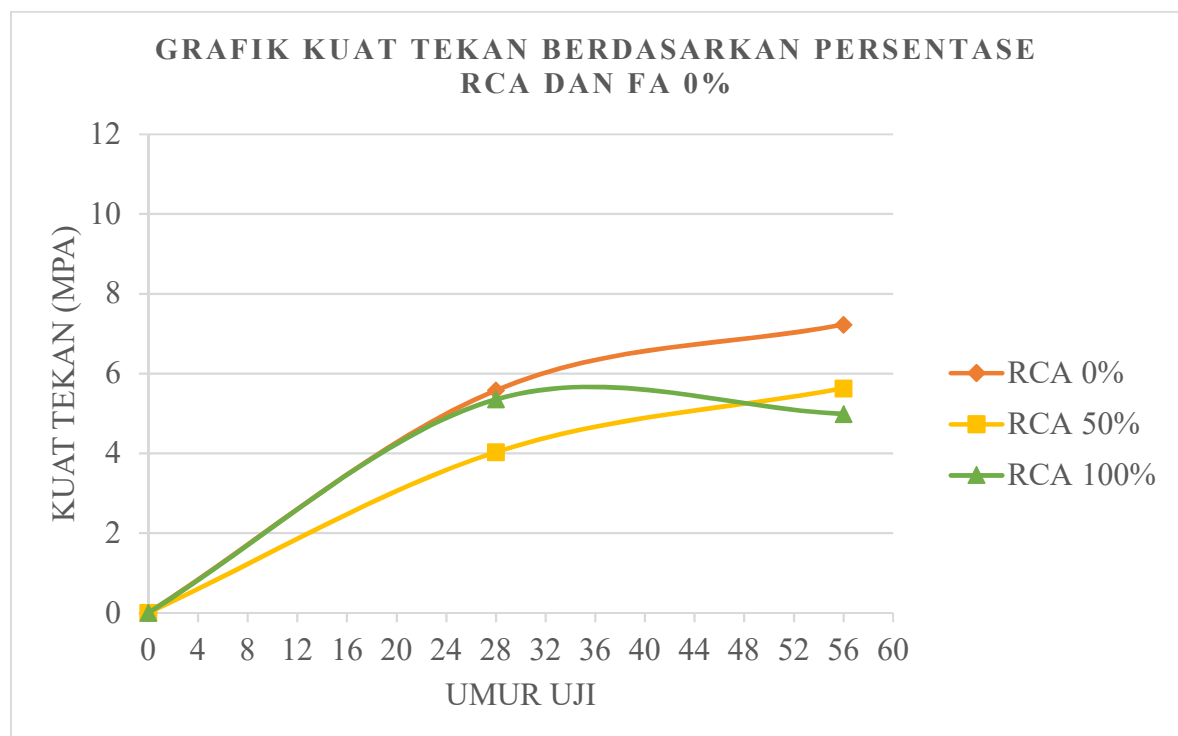
4.5.1 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase RCA dan FA 0%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA dan FA 0% dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan Gambar 4.19.

Tabel 4.22

Kuat tekan pengaruh persentase RCA dan FA 0%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F0S0	5,583
2	AR1	F0S0	4,031179203
3	AR2	F0S0	5,352853137
4	BR0	F0S0	7,229411638
5	BR1	F0S0	5,630618424
6	BR2	F0S0	4,98738491



Gambar 4.19 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA dan FA 0%

Pada Tabel 4.22 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 0% yang dibandingkan dengan RCA 0%, 50% dan 100% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan

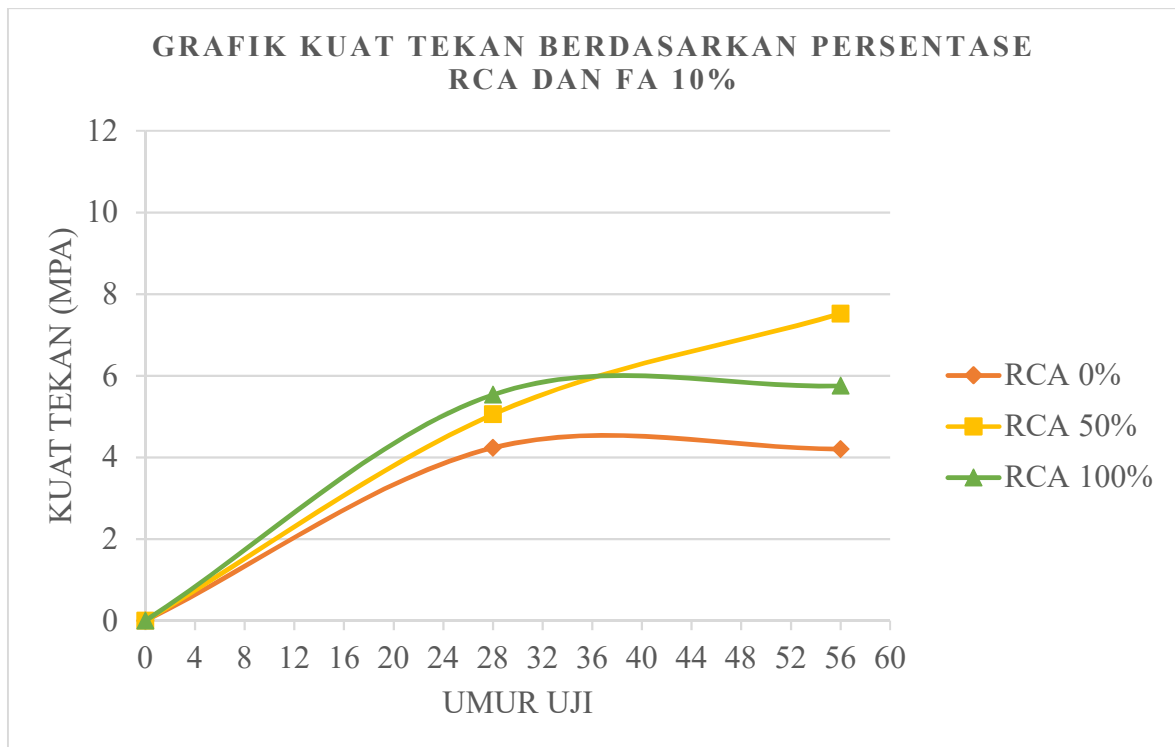
sebesar 5,583 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar 4,031 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 5,352 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 7,229 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar 5,630 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 4,987 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 0% dan 50%, tetapi pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 100%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.19.

4.5.2 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase RCA dan FA 10%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA dan FA 10% dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan Gambar 4.20.

Tabel 4.23
Kuat tekan pengaruh persentase RCA dan FA 10%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F1S0	4,235738149
2	AR1	F1S0	5,054911674
3	AR2	F1S0	5,536866424
4	BR0	F1S0	4,204301569
5	BR1	F1S0	7,520073433
6	BR2	F1S0	5,751694318



Gambar 4.20 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA dan FA 10%

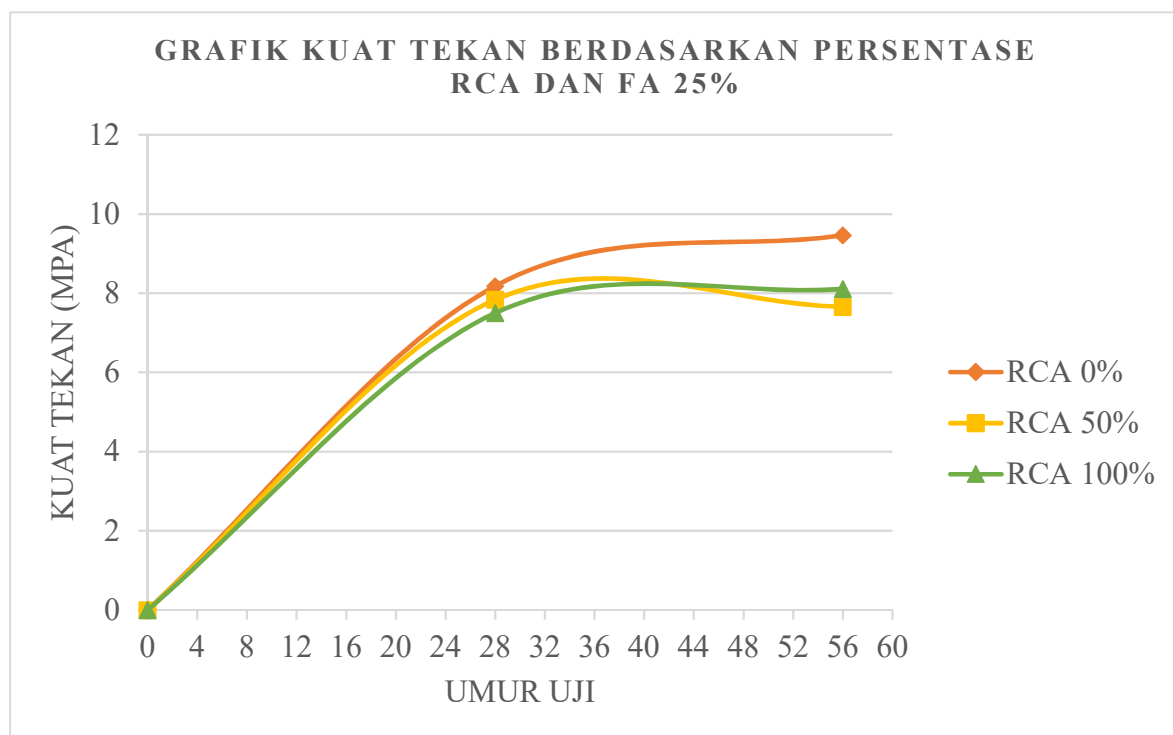
Pada Tabel 4.23 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 10% yang dibandingkan dengan RCA 0%, 50% dan 100% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,235 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar 4,054 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 5,536 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,204 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar 7,520 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 5,751 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 50% dan 100%, tetapi pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 0%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.20.

4.5.3 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase RCA dan FA 25%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA dan FA 25% dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan Gambar 4.21.

Tabel 4.24
Kuat tekan pengaruh persentase RCA dan FA 25%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F2S0	8,179517874
2	AR1	F2S0	7,835445075
3	AR2	F2S0	7,499387612
4	BR0	F2S0	9,46346469
5	BR1	F2S0	7,654914667
6	BR2	F2S0	8,106007845



Gambar 4.21 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA dan FA 25%

Pada Tabel 4.24 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi FA 25% yang dibandingkan dengan RCA 0%, 50% dan 100% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 8,179 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar

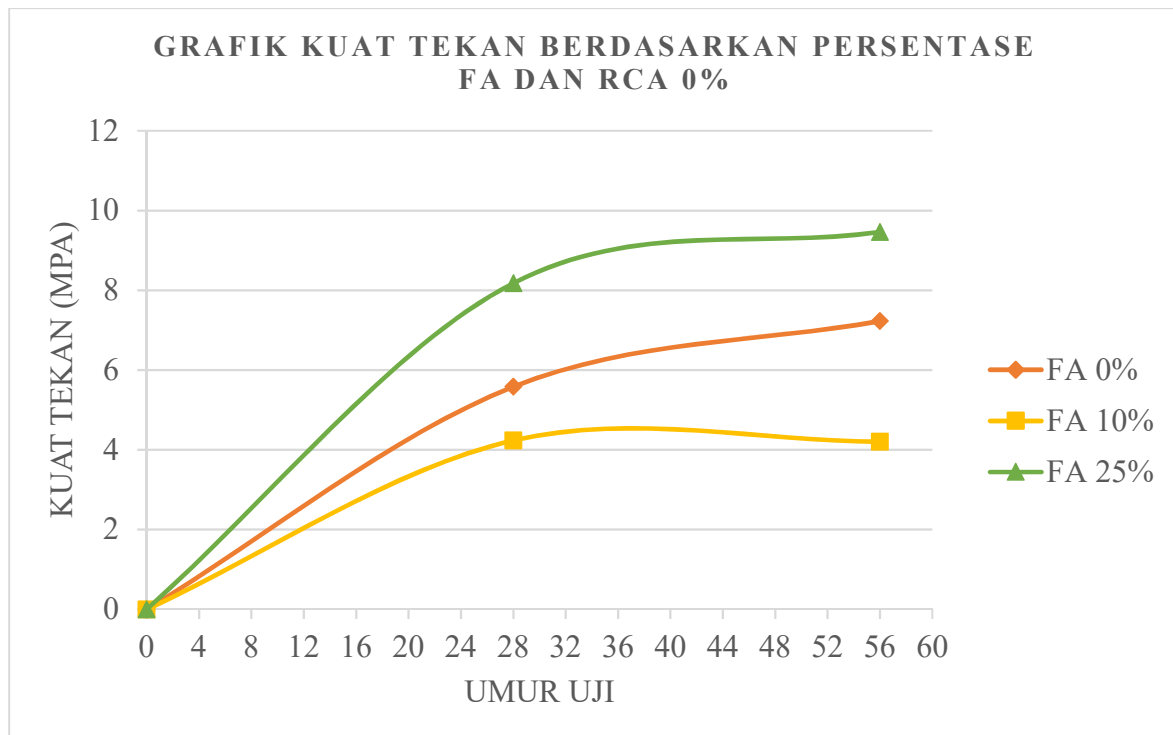
7,835 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 7,499 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan RCA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 9,463 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran RCA 50% sebesar 7,654 MPa, dan pada campuran yang menggunakan RCA 100% sebesar 8,106 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 0% dan 100%, tetapi pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan RCA 50%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.21.

4.5.4 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase FA dan RCA 0%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase FA dan RCA 0% dapat dilihat pada Tabel 4.25 dan Gambar 4.22.

Tabel 4.25
Kuat tekan pengaruh persentase FA dan RCA 0%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F0S0	5,583
2	AR0	F1S0	4,235738149
3	AR0	F2S0	8,179517874
4	BR0	F0S0	7,229411638
5	BR0	F1S0	4,204301569
6	BR0	F2S0	9,46346469



Gambar 4.22 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA dan RCA 0%

Pada Tabel 4.25 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 0% yang dibandingkan dengan FA 0%, 10% dan 25% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,583 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar 4,235 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 8,179 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 7,229 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar 4,204 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 9,463 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 0% dan FA 25%, sedangkan pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 10%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.22.

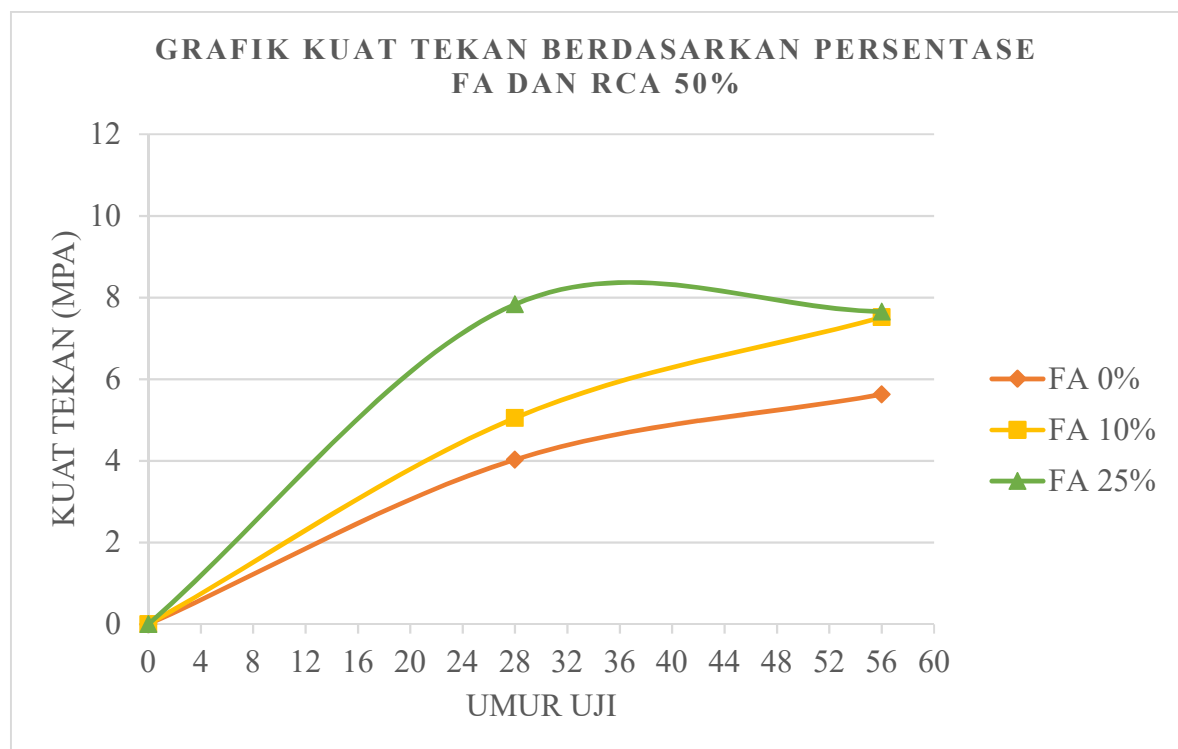
4.5.5 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase FA dan RCA 50%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase FA dan RCA 50% dapat dilihat pada Tabel 4.26 dan Gambar 4.23.

Tabel 4.26

Kuat tekan pengaruh persentase FA dan RCA 50%

NO	KODE MIX DESIGN	Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR1 F0S0	4,031179203
2	AR1 F1S0	5,054911674
3	AR1 F2S0	7,835445075
4	BR1 F0S0	5,630618424
5	BR1 F1S0	7,520073433
6	BR1 F2S0	7,654914667



Gambar 4.23 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA dan RCA 50%

Pada Tabel 4.26 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 50% yang dibandingkan dengan FA 0%, 10% dan 25% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,031 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar

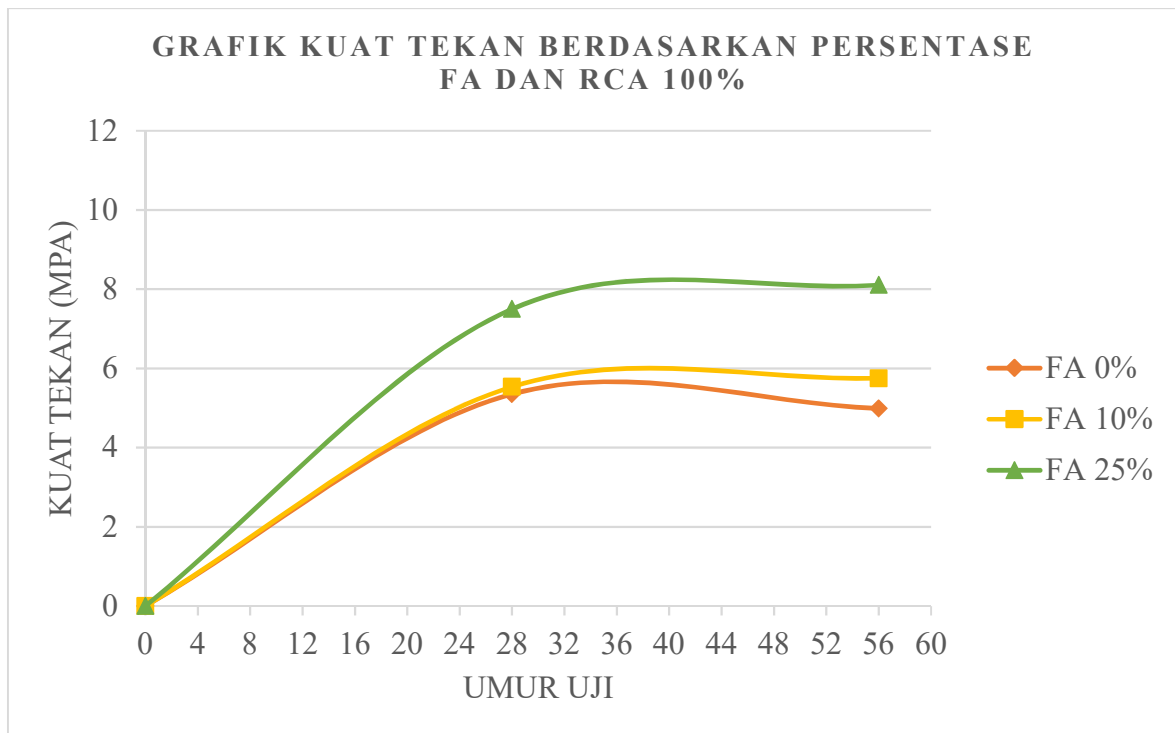
5,054 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 7,835 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,630 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar 7,520 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 7,654 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 0% dan FA 10%, sedangkan pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 25%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.23.

4.5.6 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase FA dan RCA 100%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase FA dan RCA 100% dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan Gambar 4.24.

Tabel 4.27
Kuat tekan pengaruh persentase FA dan RCA 100%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR2	F0S0	5,352853137
2	AR2	F1S0	5,536866424
3	AR2	F2S0	7,499387612
4	BR2	F0S0	4,98738491
5	BR2	F1S0	5,751694318
6	BR2	F2S0	8,106007845



Gambar 4.24 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA dan RCA 100%

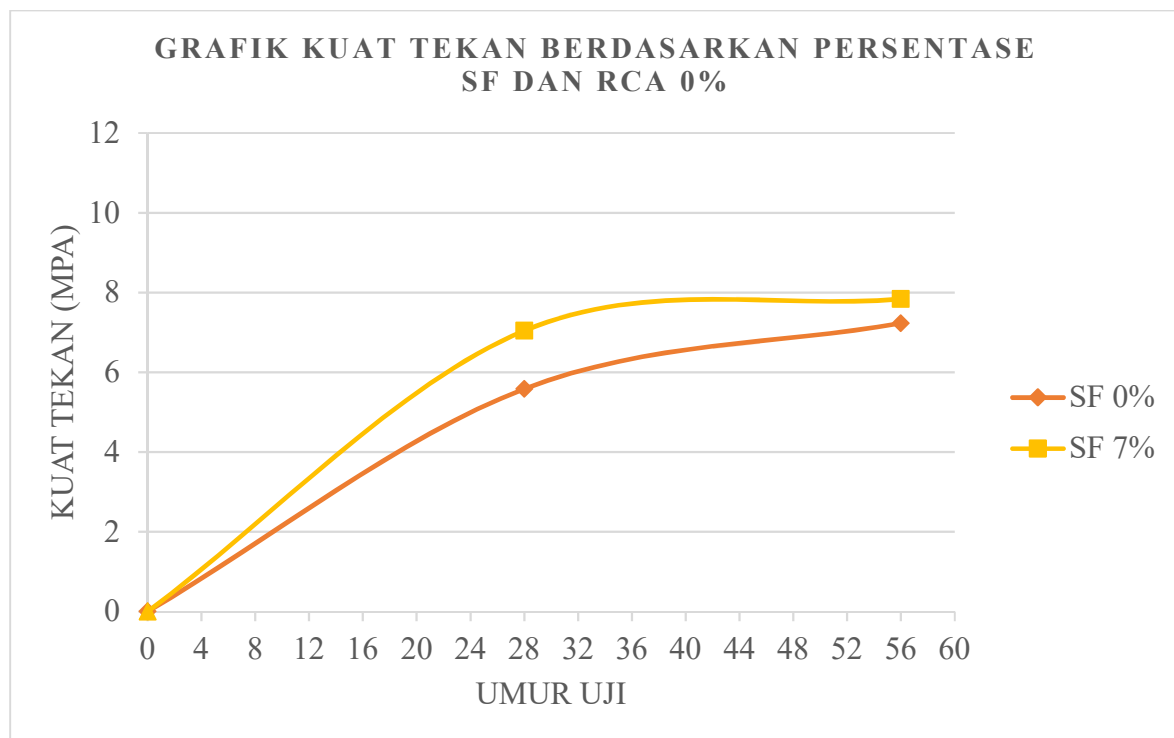
Pada Tabel 4.27 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 100% yang dibandingkan dengan FA 0%, 10% dan 25% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,352 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar 5,536 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 7,499 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,987 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% sebesar 5,751 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% sebesar 8,106 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 10% dan FA 25%, sedangkan pada umur pengujian 56 hari lebih rendah daripada umur pengujian 28 hari pada saat persentase penggunaan FA 0%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.24.

4.5.7 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase SF dan RCA 0%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 0% dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan Gambar 4.25.

Tabel 4.28
Kuat tekan pengaruh persentase SF dan RCA 0%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F0S0	5,583
2	AR0	F0S1	7,041164298
3	BR0	F0S0	7,229411638
4	BR0	F0S1	7,837828841



Gambar 4.25 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase SF dan RCA 0%

Pada Tabel 4.28 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 0% yang dibandingkan dengan SF 0%, dan SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,583 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 7,041 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian

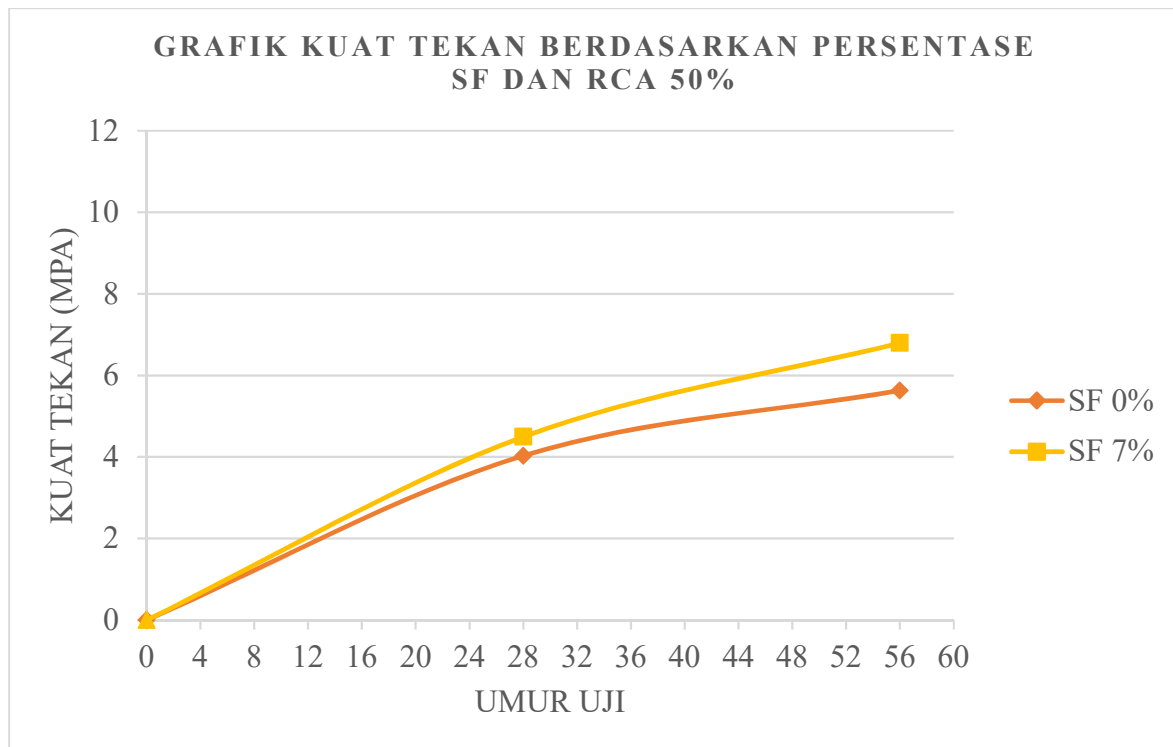
56 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 7,229 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 7,837 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari untuk setiap variasi campuran yang menggunakan SF . Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.25.

4.5.8 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase SF dan RCA 50%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 50% dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan Gambar 4.26.

Tabel 4.29
Kuat tekan pengaruh persentase SF dan RCA 50%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR1	F0S0	4,031179203
2	AR1	F0S1	4,495555079
3	BR1	F0S0	5,630618424
4	BR1	F0S1	6,796500835



Gambar 4.26 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase SF dan RCA 50%

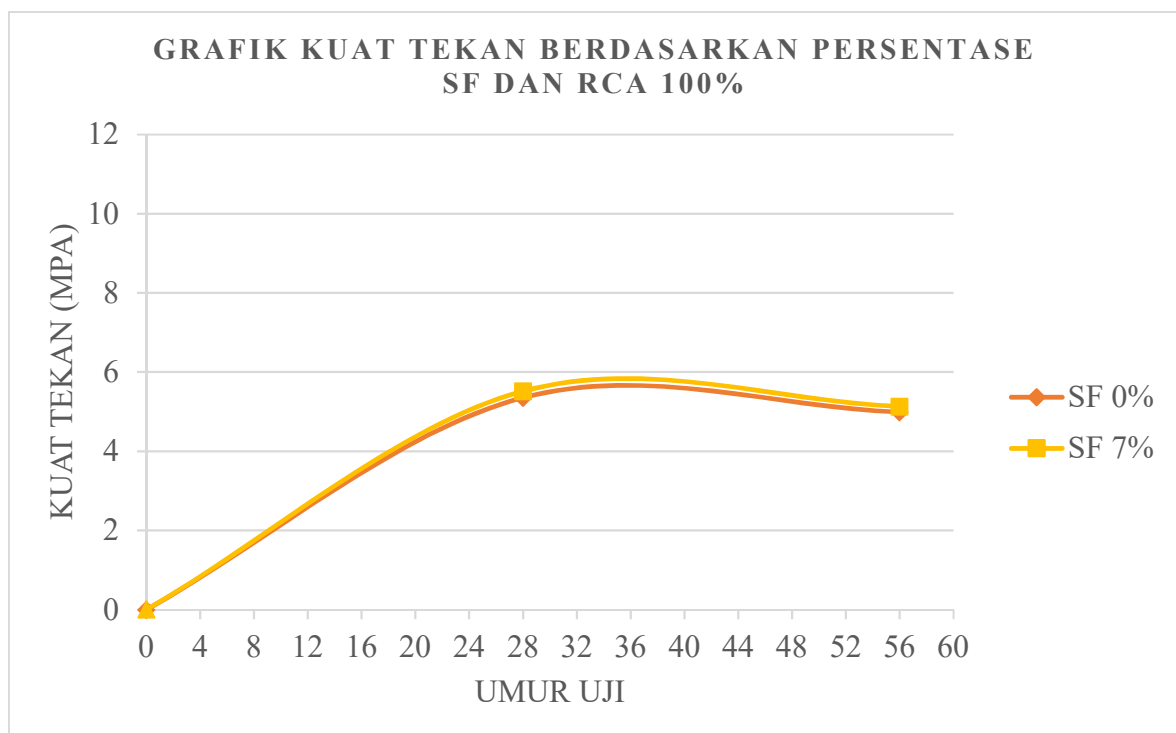
Pada Tabel 4.29 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 50% yang dibandingkan dengan SF 0%, dan SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,031 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 4,495 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,630 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 6,796 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari untuk setiap variasi campuran yang menggunakan SF . Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.26.

4.5.9 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase SF dan RCA 100%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 100% dapat dilihat pada Tabel 4.30 dan Gambar 4.27.

Tabel 4.30
Kuat tekan pengaruh persentase SF dan RCA 100%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR2	F0S0	5,352853137
2	AR2	F0S1	5,516758692
3	BR2	F0S0	4,98738491
4	BR2	F0S1	5,131786684



Gambar 4.27 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase SF dan RCA 100%

Pada Tabel 4.30 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 100% yang dibandingkan dengan SF 0%, dan SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,352 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 5,516 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,987 MPa, dan kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran SF 7% sebesar 5,131 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 28 hari dibandingkan dengan umur pengujian 56 hari untuk setiap variasi campuran yang menggunakan SF. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous

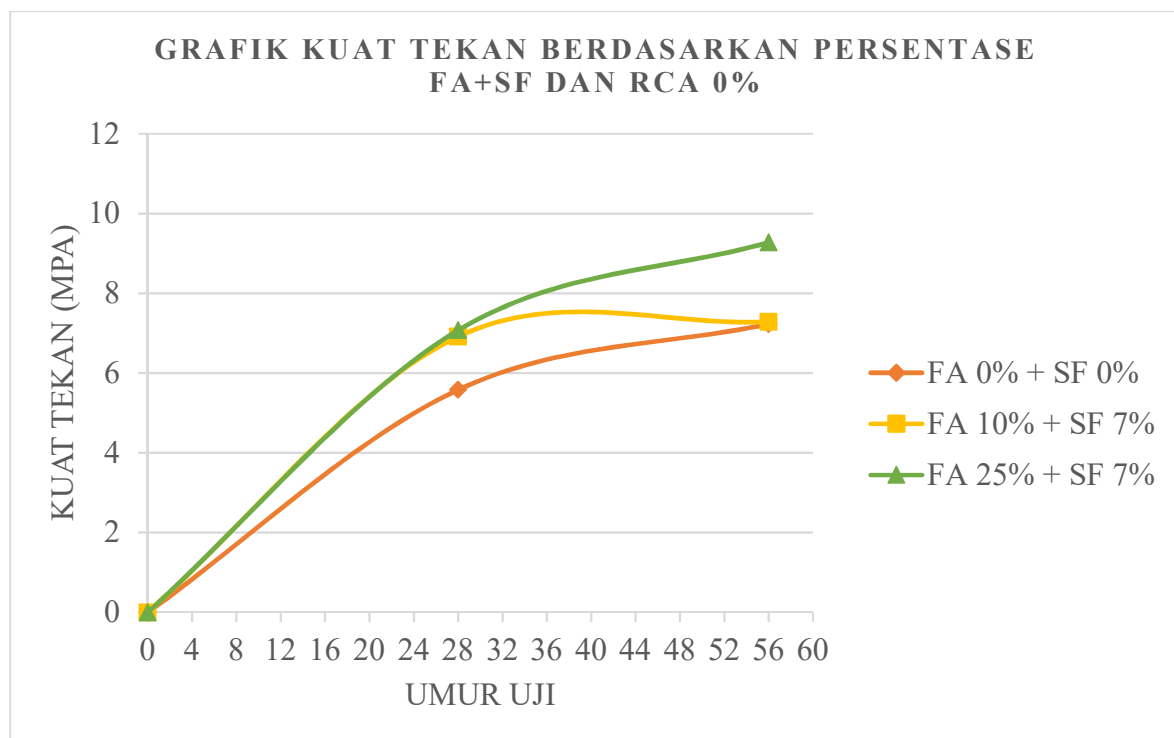
dan penggunaan dari campuran *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.27.

4.5.10 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase Campuran FA+SF dan RCA 0%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 0% dapat dilihat pada Tabel 4.31 dan Gambar 4.28.

Tabel 4.31
Kuat tekan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 0%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR0	F0S0	5,583
2	AR0	F1S1	6,917528192
3	AR0	F2S1	7,074878274
4	BR0	F0S0	7,229411638
5	BR0	F1S1	7,286399685
6	BR0	F2S1	9,277306715



Gambar 4.28 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 0%

Pada Tabel 4.31 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 0% yang dibandingkan dengan campuran FA 0% + SF 0%,

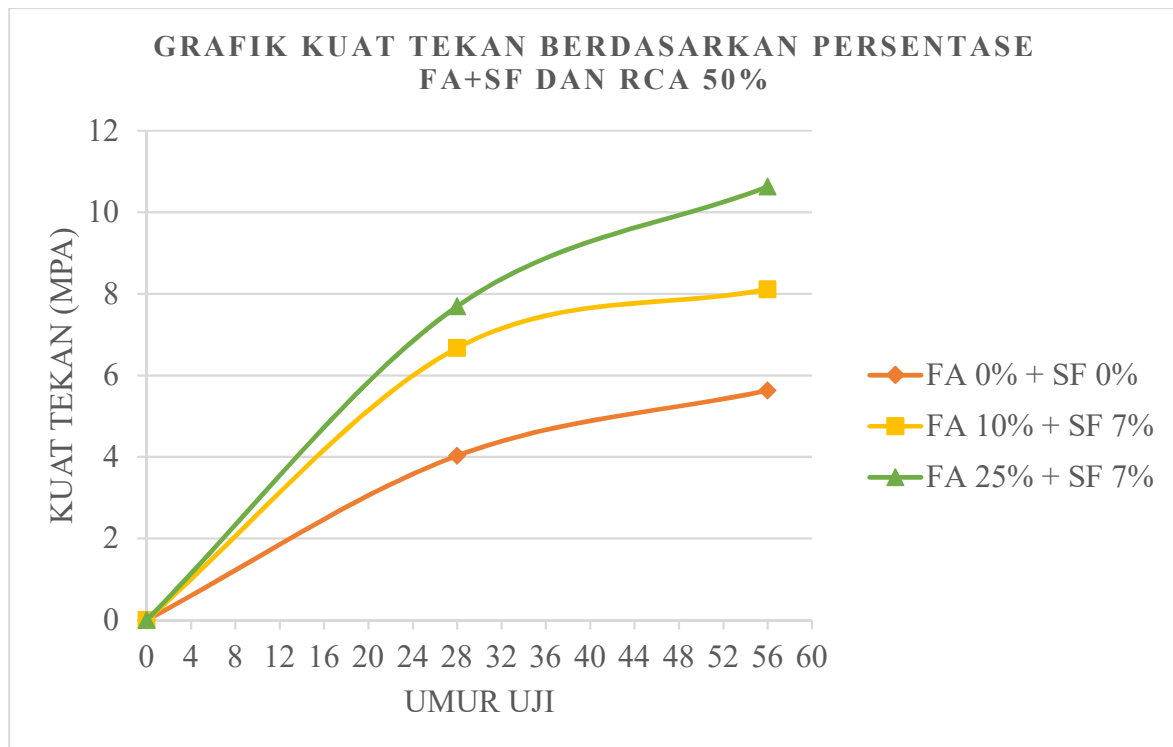
FA 10% + SF 7%, dan FA 25% + SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,583 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 6,917 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 7,074 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 7,229 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 7,286 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 9,277 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari untuk setiap campuran FA + SF yang menggunakan RCA 0%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash* dan *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.28.

4.5.11 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase Campuran FA+SF dan RCA 50%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 50% dapat dilihat pada Tabel 4.32 dan Gambar 4.29.

Tabel 4.32
Kuat tekan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 50%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR1	F0S0	4,031179203
2	AR1	F1S1	6,673067114
3	AR1	F2S1	7,69436701
4	BR1	F0S0	5,630618424
5	BR1	F1S1	8,113361365
6	BR1	F2S1	10,63162344



Gambar 4.29 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 50%

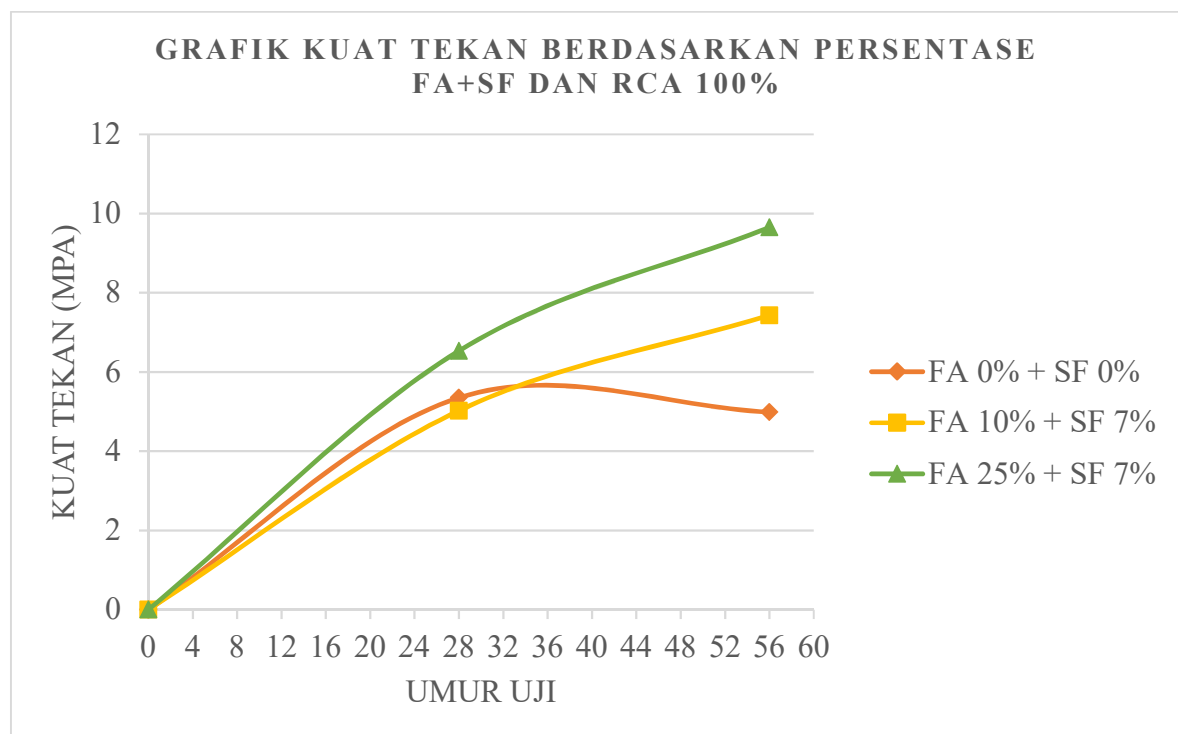
Pada Tabel 4.32 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 50% yang dibandingkan dengan campuran FA 0% + SF 0%, FA 10% + SF 7%, dan FA 25% + SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,031 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 6,673 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 7,694 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,630 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 8,113 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 10,631 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari untuk setiap campuran FA + SF yang menggunakan RCA 0%. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash* dan *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.29.

4.5.12 Kuat Tekan Beton *Porous* Variasi Persentase Campuran FA+SF dan RCA 100%

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase SF dan RCA 100% dapat dilihat pada Tabel 4.33 dan Gambar 4.30.

Tabel 4.33
Kuat tekan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 100%

NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)
1	AR2	F0S0	5,352853137
2	AR2	F1S1	5,024406371
3	AR2	F2S1	6,533171099
4	BR2	F0S0	4,98738491
5	BR2	F1S1	7,433723448
6	BR2	F2S1	9,653400594



Gambar 4.30 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase FA+SF dan RCA 100%

Pada Tabel 4.33 merupakan hasil uji kuat tekan rata-rata pada setiap variasi *mix design* yang menggunakan variasi RCA 100% yang dibandingkan dengan campuran FA 0% + SF 0%, FA 10% + SF 7%, dan FA 25% + SF 7% pada umur pengujian 28 hari dan 56 hari. Nilai kuat tekan di atas menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 28 hari yang

menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 5,352 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 5,024 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 6,533 MPa. Nilai kuat tekan di atas juga menunjukkan bahwa beton dengan umur pengujian 56 hari yang menggunakan FA 0% + SF 0% memiliki rata – rata kuat tekan sebesar 4,987 MPa. Kuat tekan rata – rata yang menggunakan campuran FA 10% + SF 7% sebesar 7,433 MPa, dan pada campuran yang menggunakan FA 25% + SF 7% sebesar 9,653 MPa. Kuat tekan beton porous lebih tinggi pada umur pengujian 56 hari dibandingkan dengan umur pengujian 28 hari pada campuran FA 10% + SF 7% yang menggunakan RCA 100%, tetapi pada campuran FA 0% + SF 0% yang menggunakan RCA 100% pada umur pengujian 56 hari dari pada umur pengujian 28 hari. Hal ini disebabkan karena pada RCA terdapat kandungan mortar yang dapat mengurangi kekuatan dari beton porous dan penggunaan dari campuran *fly ash* dan *silica fume*. Kenaikan dan penurunan kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.30.

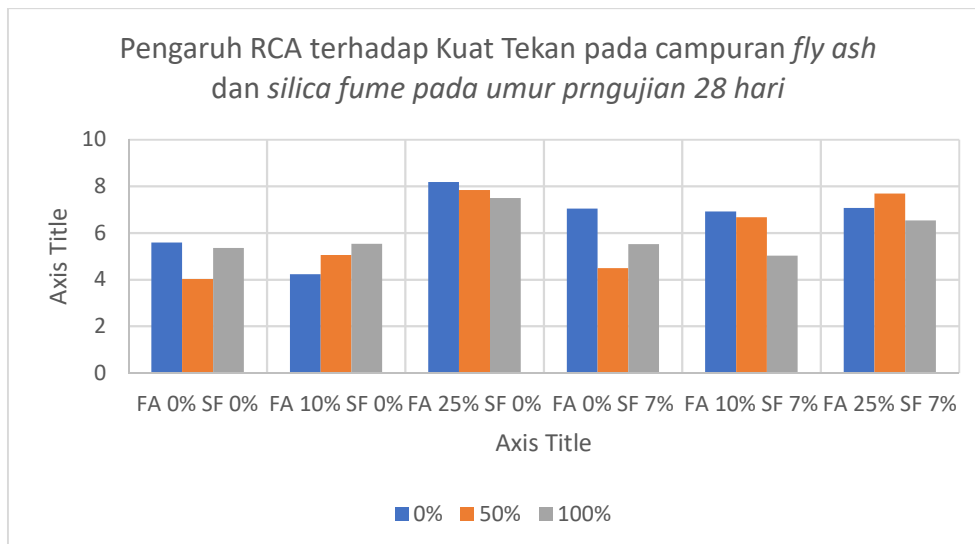
4.5.13 Pengaruh RCA Terhadap Kuat Tekan Beton Porous pada Campuran *Fly Ash* dan *Silica Fume* pada Umur Pengujian 28 Hari dan 56 Hari.

Kekuatan beton porous dipengaruhi dari campuran yang menjadi penyusun beton itu sendiri. Berikut perbandingan kekuatan beton porous yang dipengaruhi dari variasi persentase RCA 0%, 50%, dan 100% dari setiap campuran yang ada dapat dilihat pada Tabel 4.34, Tabel 4.35, Gambar 30, dan Gambar 4.31.

Tabel 4.34

Kuat tekan pengaruh persentase RCA pada umur pengujian 28 hari.

Komposisi Semen	Nilai Kuat Tekan (MPa)		
	RCA 0%	RCA 50%	RCA 100%
FA 0% SF 0%	5,58	4,03	5,35
FA 10% SF 0%	4,24	5,05	5,54
FA 25% SF 0%	8,18	7,84	7,50
FA 0% SF 7%	7,04	4,50	5,52
FA 10% SF 7%	6,92	6,67	5,02
FA 25% SF 7%	7,07	7,69	6,53



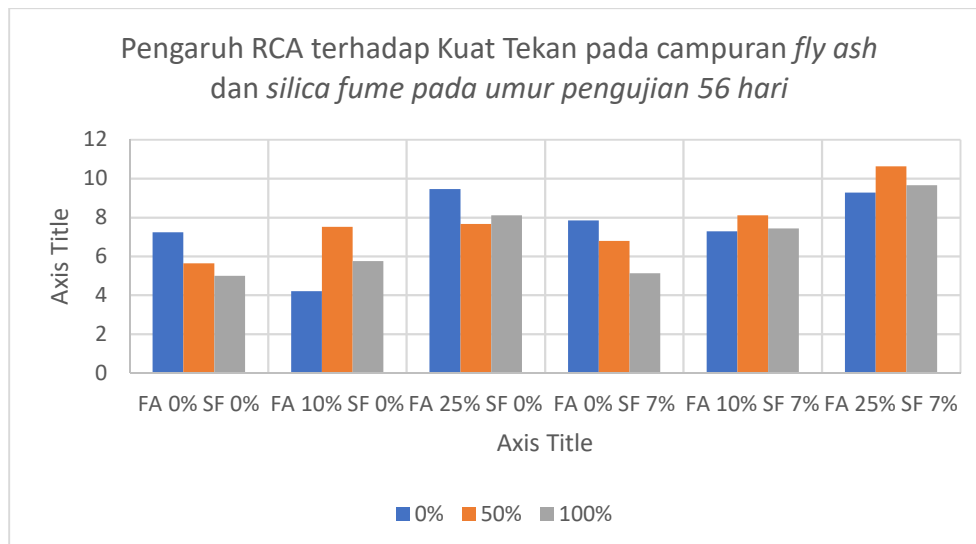
Gambar 4.31 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA pada umur pengujian 28 hari.

Pada tabel 4.34 merupakan hasil dari pengujian kuat tekan rata-rata beton porous untuk setiap variasi campuran dengan persentase RCA 0%, 50%, dan 100% pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan diatas menunjukkan bahwa untuk campuran yang menggunakan variasi RCA 0% relatif lebih kuat dibandingkan dengan persentase penggunaan RCA yang lainnya pada komposisi campuran FA 0% + SF 0%, FA 25% + SF 0%, dan FA 0% + SF 7%. Sedangkan untuk nilai kuat tekan yang menggunakan campuran RCA 50% relatif lebih kuat dibandingkan dengan persentase penggunaan RCA yang lainnya pada komposisi campuran FA 25% + 7 %. Nilai kuat tekan yang menggunakan campuran RCA 100% relatif lebih kuat dibandingkan dengan persentase penggunaan RCA yang lainnya pada komposisi campuran semen FA 10% + SF 0%. Untuk kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan dengan persentase RCA yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.31 untuk setiap variasi campuran.

Tabel 4.35

Kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA pada umur pengujian 56 hari.

Komposisi Semen	Nilai Kuat Tekan (MPa)		
	RCA 0%	RCA 50%	RCA 100%
FA 0% SF 0%	7,229	5,631	4,987
FA 10% SF 0%	4,204	7,520	5,752
FA 25% SF 0%	9,463	7,655	8,106
FA 0% SF 7%	7,838	6,797	5,132
FA 10% SF 7%	7,286	8,113	7,434
FA 25% SF 7%	9,277	10,632	9,653



Gambar 4.32 Grafik uji kuat tekan berdasarkan pengaruh persentase RCA pada umur pengujian 56 hari.

Pada tabel 4.35 merupakan hasil dari pengujian kuat tekan rata-rata beton porous untuk setiap variasi campuran dengan persentase RCA 0%, 50%, dan 100% pada umur 56 hari. Nilai kuat tekan diatas menunjukkan bahwa untuk campuran yang menggunakan variasi RCA 0% relatif lebih kuat dibandingkan dengan persentase penggunaan RCA yang lainnya pada komposisi campuran FA 0% + SF 0%, FA 25% + SF 0%, dan FA 0% + SF 7%. Sedangkan untuk nilai kuat tekan yang menggunakan campuran RCA 50% relatif lebih kuat dibandingkan dengan persentase penggunaan RCA yang lainnya pada komposisi campuran FA 10% + SF 0%, FA 10% + SF 7%, dan FA 25% + 7 %. Sedangkan untuk variasi yang menggunakan persentase RCA 100% untuk setiap campuran semen lebih lemah daripada persentase penggunaan RCA yang lainnya. Untuk kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan dengan persentase RCA yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.32 untuk setiap variasi campuran.

Pada saat pengujian kuat tekan penguji mengalami kendala yaitu pada saat melakukan *capping* permukaan sampel beton yang tidak rata, *capping* yang terpasang pada permukaan beton hanya terkena bagian agregat pada sisi-sisi tertentu saja. Hal ini menyebabkan gaya tekan yang diterima tidak bisa merata secara maksimal ke seluruh luasan permukaan beton.



Gambar 4.33 Beton porous setelah diuji kuat tekan

Keretakan yang terjadi pada beton porous yang diuji, memiliki dua penyebab keretakan. Pertama keretakan yang terjadi pada pasta semen dan yang kedua adalah retakan yang terjadi pada agregat. Hal ini menunjukkan bahwa pasta campuran semen yang menggunakan *fly ash* dan *silica fume* menjadi pengikat agregat terlepas karena luas permukaan agregat yang kecil, sedangkan kondisi agregat yang hancur, karena kuatnya ikatan, dan agregat tidak bisa menahan gaya tekan. Dalam hal ini, kekuatan agregat yang besar ada pada NCA, sedangkan yang mudah retak adalah RCA.

4.6 Hubungan *Void Ratio*, dan Permeabilitas terhadap Kuat Tekan

Hubungan data *void ratio* dan permeabilitas terhadap kuat tekan merupakan tujuan dari penelitian ini dibuat untuk mendapatkan kadar RCA dan ukuran agregat yang akan dipakai untuk mencapai hasil yang optimum. Hasil pengujian kuat tekan, angka pori, berat volume, dan permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36

Data Kuat Tekan, *Void Ratio*, dan Permeabilitas Beton Porous

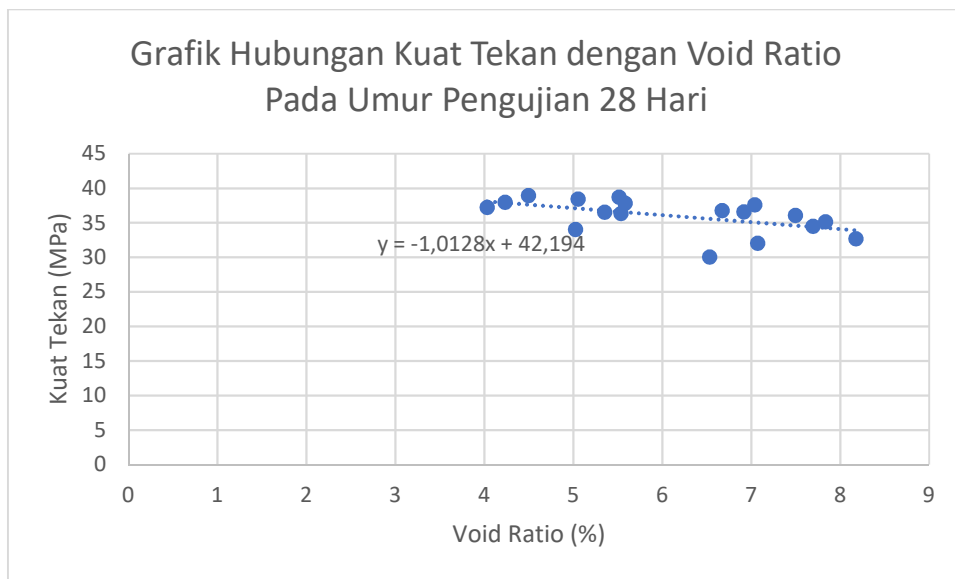
NO	KODE MIX DESIGN		Kuat tekan rata - rata (MPa)	Void Ratio	k rata-rata
				(U)%	
1	AR0	F0S0	5,582795	37,84972	13,28106
2	AR0	F1S0	4,235738	38,00594	10,82498
3	AR0	F2S0	8,179518	32,7085	8,71553
4	AR0	F0S1	7,041164	37,59673	10,35136
5	AR0	F1S1	6,917528	36,611	7,534213
6	AR0	F2S1	7,074878	32,05873	5,035911
7	AR1	F0S0	4,031179	37,24134	10,58307
8	AR1	F1S0	5,054912	38,44952	9,673724
9	AR1	F2S0	7,835445	35,14495	7,495624
10	AR1	F0S1	4,495555	38,953	9,938547

11	AR1	F1S1	6,673067	36,77741	10,31168
12	AR1	F2S1	7,694367	34,48956	6,323961
13	AR2	F0S0	5,352853	36,56163	10,22606
14	AR2	F1S0	5,536866	36,37057	10,31474
15	AR2	F2S0	7,499388	36,09056	10,89809
16	AR2	F0S1	5,516759	38,74906	6,98814
17	AR2	F1S1	5,024406	34,06261	6,429087
18	AR2	F2S1	6,533171	30,07535	6,458412
19	BR0	F0S0	7,229412	37,84972	13,28106
20	BR0	F1S0	4,204302	38,00594	10,82498
21	BR0	F2S0	9,463465	32,7085	8,71553
22	BR0	F0S1	7,837829	37,59673	10,35136
23	BR0	F1S1	7,2864	36,611	7,534213
24	BR0	F2S1	9,277307	32,05873	5,035911
25	BR1	F0S0	5,630618	37,24134	10,58307
26	BR1	F1S0	7,520073	38,44952	9,673724
27	BR1	F2S0	7,654915	35,14495	7,495624
28	BR1	F0S1	6,796501	38,953	9,938547
29	BR1	F1S1	8,113361	36,77741	10,31168
30	BR1	F2S1	10,63162	34,48956	6,323961
31	BR2	F0S0	4,987385	36,56163	10,22606
32	BR2	F1S0	5,751694	36,37057	10,31474
33	BR2	F2S0	8,106008	36,09056	10,89809
34	BR2	F0S1	5,131787	38,74906	6,98814
35	BR2	F1S1	7,433723	34,06261	6,429087
36	BR2	F2S1	9,653401	30,07535	6,458412

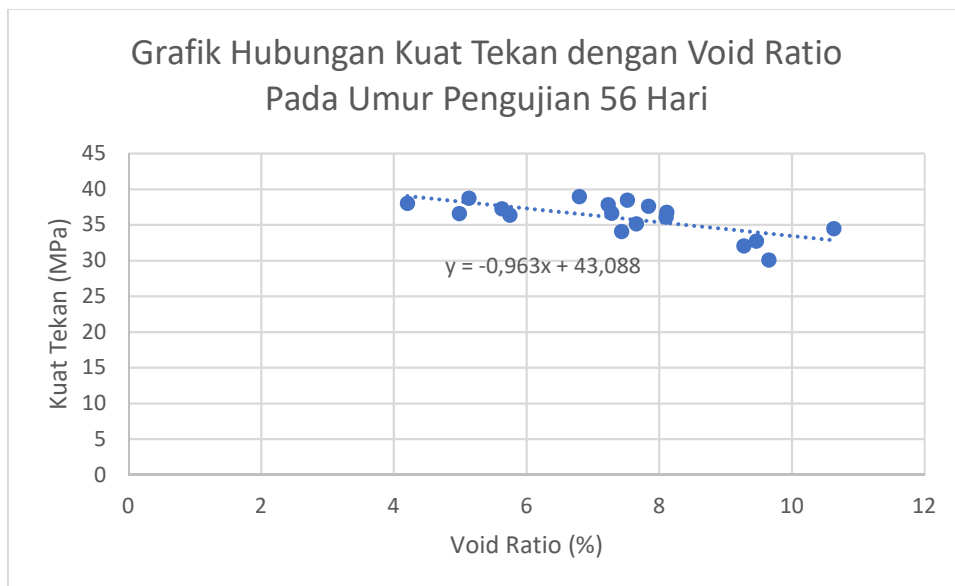
Berdasarkan Tabel 4.36 menunjukkan bahwa pada variasi umur pengujian 28 hari beton *porous* kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran RCA 0%, *Fly ash* 25%, dan *Silica fume* 0% yaitu sebesar 8,179 MPa, dimana angka pori termasuk kecil yaitu sebesar 32,708 %, dan permeabilitas termasuk kecil juga yaitu sebesar 8,715 mm/det. Begitu pula dengan *void ratio* yang paling besar terdapat pada campuran RCA 50 %, *Fly ash* 0 %, dan *Silica fume* 7% yaitu sebesar 38,953 % memiliki nilai kuat tekan yang termasuk rendah sebesar 4,495 MPa dan untuk permeabilitas yang berilai paling besar terdapat pada campuran RCA 0 %, *Fly ash* 0 %, dan *Silica fume* 0 % yaitu sebesar 13,281 mm/det pada campuran ini memiliki nilai kuat tekan yang relatif rendah yaitu 5,582 MPa. Kuat tekan beton porous berbanding terbalik terhadap persentase angka pori dan permeabilitas.

Tabel diatas juga menunjukkan bahwa pada variasi umur pengujian 56 hari beton *porous* kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran RCA 50%, *Fly ash* 25%, dan *Silica fume* 7% yaitu sebesar 10,631 MPa, dimana angka pori termasuk kecil yaitu sebesar 34,489 %, dan permeabilitas termasuk kecil juga yaitu sebesar 6,323 mm/det. Begitu pula dengan *void ratio* yang paling besar terdapat pada campuran RCA 50 %, *Fly ash* 0 %, dan *Silica fume* 7%

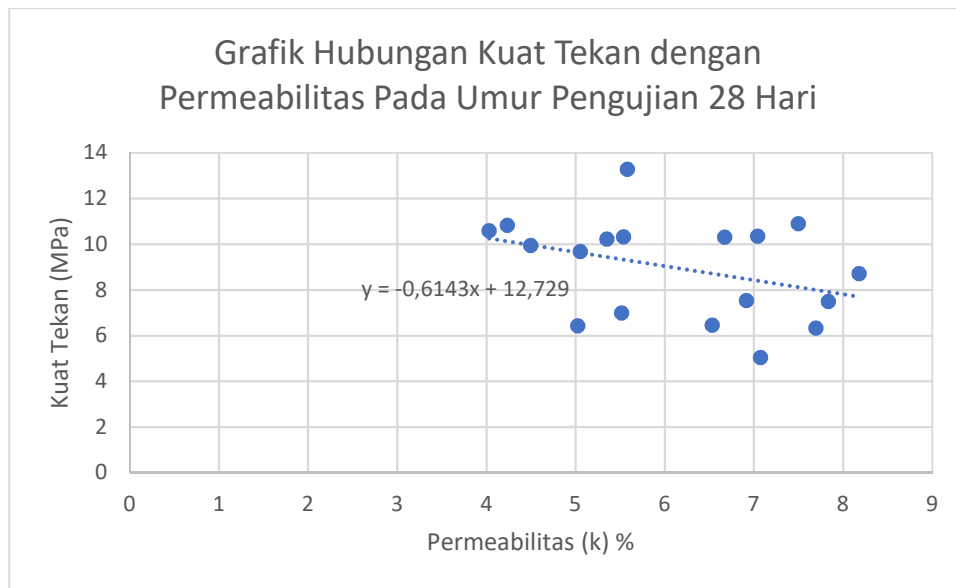
yaitu sebesar 38,953 % memiliki nilai kuat tekan yang termasuk rendah sebesar 6,796 MPa dan untuk permeabilitas yang berilai paling besar terdapat pada campuran RCA 0 %, *Fly ash* 0 %, dan *Silica fume* 0 % yaitu sebesar 13,281 mm/det pada campuran ini memiliki nilai kuat tekan yang relatif rendah yaitu 7,229 MPa. Kuat tekan beton porous berbanding terbalik terhadap persentase angka pori dan permeabilitas. Hal ini sangat memungkinkan karena pada kondisi pori-pori yang besar, gesekan antar agregat juga akan semakin besar, dan ikatan antar agregat yang lemah, maka dari itu kuat tekan pada kondisi ini mengalami penurunan. Hubungan antara *void ratio*, permeabilitas, dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.34, Gambar 4.35, Gambar 4.36, dan Gambar 4.37.



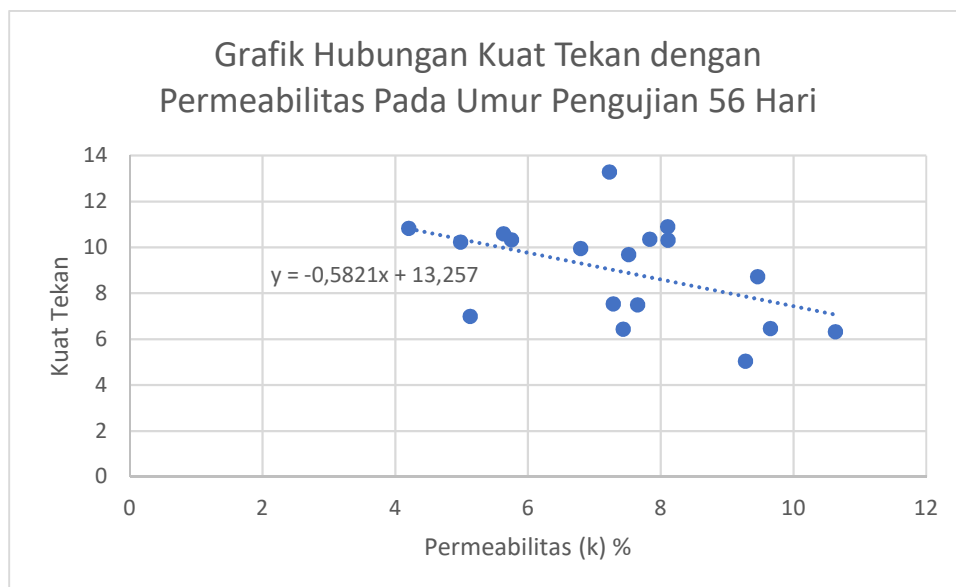
Gambar 4.34 Hubungan kuat tekan dan *void ratio* pada umur pengujian 28 hari



Gambar 4.35 Hubungan kuat tekan dan *void ratio* pada umur pengujian 56 hari



Gambar 4.36 Hubungan kuat tekan dan permeabilitas pada umur pengujian 28 hari



Gambar 4.37 Hubungan kuat tekan dan permeabilitas pada umur pengujian 56 hari

Berdasarkan Gambar 4.34, Gambar 4.35, Gambar 4.36, dan Gambar 4.37 dapat disimpulkan bahwa semakin besar *void ratio*, maka semakin kecil nilai kuat tekan beton porous dan semakin besar permeabilitas nilai kuat tekan juga semakin turun.

4.7 Analisis Statistik Kuat Tekan Beton Porous

Pengujian Anova ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh campuran semen *fly ash* dan *silica fume*, dan persentase RCA terhadap kuat tekan *beton porous*. Hasil pengujian ini diharapkan mendapatkan nilai signifikansi dari tiap – tiap campuran semen dan RCA terhadap kuat tekan. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari nilai F hitung dan

nilai signifikansi yang diperoleh dari analisis pada software SPSS seperti pada tabel 4.37 berikut :

Tabel 4.37

Tabel Hasil Software SPSS

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat kebebasan (dk)	Kuadrat Tengah (KT)	F
Antar Kelompok	JK_{ak}	$k-1$	JK_{ak}/dK_{ak}	KT_{ak}/KT_{dk}
Dalam Kelompok	JK_{dk}	$\Sigma(n_i-1)$	JK_{dk}/dK_{dk}	
Total		Σn_i-1		

Dimana:

k : kelompok

n : anggota kelompok

Tabel 4.38

Tabel Pengujian Hipotesis pada ANOVA

Hipotesis	Uraian	Diterima Jika		Kesimpulan
		Nilai F	Nilai Sign. (SPSS)	
H0	$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$	$F_{hitung} < F_{tabel}$	$\rho \text{ atau sign} > \alpha$	Tidak berbeda secara nyata (tidak signifikan)
H1	Paling sedikit terdapat satu perbedaan antar kelompok yang diuji	$F_{hitung} > F_{tabel}$	$\rho \text{ atau sign} < \alpha$	Berbeda secara nyata (signifikan)

Dimana:

α : taraf nyata yaitu ditetapkan sebesar $5\% = 0,05$

α : 1- tingkat kepercayaan. Jika tingkat kepercayaan 95% maka $\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$

4.7.1 Pengaruh RCA terhadap Kuat Tekan

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H₀: Variasi RCA tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H₁: Variasi RCA memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah (ANOVA one way) terhadap nilai kuat tekan beton porous dengan variasi komposisi RCA 0%, 50% dan 100%. Kriteria dari pengujian ini adalah:

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Berikut ini deskripsi pada hubungan pengaruh RCA dan kuat tekan pada tabel 4.39.

Tabel 4.39

Tabel *Descriptives* pada Uji Pengaruh RCA terhadap kuat tekan.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Maximum	Minimum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	12	7.027545	1.6774607	.4842412	5.961737	8.093353	9.4635	4.2043
50%	12	6.844301	1.8317869	.5287913	5.680440	8.008163	10.6316	4.0312
100%	12	6.377287	1.4869705	.4292514	5.432511	7.322063	9.6534	4.9874
Total	36	6.749711	1.6464894	.2744149	6.192619	7.306803	10.6316	4.0312

Tabel 4.40

Tabel *Test of Homogeneity of Variances* pada Uji Pengaruh RCA terhadap kuat tekan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.141	2	33	.869

Perhitungan F_{tabel} berdasarkan tabel probabilitas 0,005 pada $df1=2$ dan $df2=33$ yaitu 3,28.

Tabel 4.41

Tabel Uji *Anova* pada Uji Pengaruh RCA terhadap kuat tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.698	2	1.349	.483	.621
Within Groups	92.184	33	2.793		
Total	94.882	35			

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa RCA secara keseluruhan memiliki nilai signifikansi sebesar 0,621 yaitu lebih besar dari nilai 0,05 dan maka RCA memberikan hasil tidak signifikan. Serta nilai $F_{hitung}(0,483) < F_{tabel}(3,28)$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sehingga pengaruh RCA tidak memberikan hasil signifikan.

4.7.2 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H_0 : Variasi FA tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H_1 : Variasi FA memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis varian univariat terhadap nilai kuat tekan beton porous dengan variasi komposisi FA 10% (FA1) dan FA 25% (FA2).

Kriteria dari pengujian ini adalah:

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Berikut ini hasil uji hubungan pengaruh FA 10% (FA1) dengan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.42 sampai tabel 4.44.

Tabel 4.42

Tabel *Descriptives* pada Uji Pengaruh FA 10% terhadap kuat tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Maximum	Minimum
					Lower Bound	Upper Bound		
0	24	7.051564	1.7237160	.3518521	6.323702	7.779425	10.6316	4.0312
FA 10%	12	6.146006	1.3478821	.3891000	5.289603	7.002409	8.1134	4.2043
Total	36	6.749711	1.6464894	.2744149	6.192619	7.306803	10.6316	4.0312

Tabel 4.43

Tabel *Test of Homogeneity of Variances* pada Uji Pengaruh FA 10% terhadap kuat tekan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.388	1	34	.538

Perhitungan F_{tabel} berdasarkan tabel probabilitas 0,005 pada $df_1=1$ dan $df_2=34$ yaitu 4,13.

Tabel 4.44

Tabel Uji *Anova* pada Uji Pengaruh FA 10% terhadap kuat tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.560	1	6.560	2.525	.121
Within Groups	88.322	34	2.598		
Total	94.882	35			

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa *Fly Ash* 10% menunjukkan perhitungan $F_{hitung}(2,525) < F_{tabel}(4,13)$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Serta nilai sig. 0,121 lebih besar daripada 0,005 Sehingga *Fly Ash* tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap nilai kuat tekan.

Selanjutnya adalah hasil uji hipotesis hubungan pengaruh FA 25% (FA2) dengan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.45 sampai tabel 4.47.

Tabel 4.45

Tabel *Descriptives* pada Uji Pengaruh FA 25% terhadap kuat tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Maximum	Minimum
					Lower Bound	Upper Bound		
0	24	5.974421	1.2461019	.2543595	5.448239	6.500604	8.1134	4.0312
FA 25%	12	8.300290	1.2019459	.3469719	7.536610	9.063970	10.6316	6.5332
Total	36	6.749711	1.6464894	.2744149	6.192619	7.306803	10.6316	4.0312

Tabel 4.46

Tabel *Test of Homogeneity of Variances* pada Uji Pengaruh FA 25% terhadap kuat tekan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.343	1	34	.562

Perhitungan F_{tabel} berdasarkan tabel probabilitas 0,005 pada $df_1=1$ dan $df_2=34$ yaitu 4,13.

Tabel 4.47

Tabel Uji *Anova* pada Uji Pengaruh FA 25% terhadap kuat tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.277	1	43.277	28.513	.000
Within Groups	51.605	34	1.518		
Total	94.882	35			

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa *Fly Ash* 25% menunjukkan perhitungan $F_{hitung}(28,513 > F_{tabel}(4,13))$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Serta nilai sig. 0,000 < 0,005 Sehingga *Fly Ash* memberikan hasil yang signifikan terhadap nilai kuat tekan.

4.7.3 Pengaruh *Silica Fume* terhadap Kuat Tekan

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H_0 : Variasi SF tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H_1 : Variasi SF memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis varian univariat terhadap nilai kuat tekan beton porous dengan variasi komposisi SF 7%. Kriteria dari pengujian ini adalah:

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Selanjutnya adalah hasil uji hipotesis hubungan pengaruh SF 7% (SF1) dengan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 4.48 sampai tabel 4.50.

Tabel 4.48

Tabel *Descriptives* pada Uji Pengaruh SF 7% terhadap kuat tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Maximum	Minimum
					Lower Bound	Upper Bound		
.0000	18	6.325376	1.6195608	.3817341	5.519988	7.130765	9.4635	4.0312
SF 1	18	7.174046	1.6053162	.3783766	6.375741	7.972351	10.6316	4.4956
Total	36	6.749711	1.6464894	.2744149	6.192619	7.306803	10.6316	4.0312

Tabel 4.49

Tabel *Test of Homogeneity of Variances* pada Uji Pengaruh SF 7% terhadap kuat tekan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.777	1	34	.384

Perhitungan F_{tabel} berdasarkan tabel probabilitas 0,005 pada $df1=1$ dan $df2=34$ yaitu 4,13.

Tabel 4.50

Tabel Uji *Anova* pada Uji Pengaruh SF 7% terhadap kuat tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.482	1	6.482	2.493	.124
Within Groups	88.400	34	2.600		
Total	94.882	35			

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa SF 7% memiliki nilai signifikansi sebesar $0,124 > 0,05$. Serta nilai $F_{hitung}(2,493) < F_{tabel}(4,13)$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sehingga pengaruh SF 7% tidak memberikan hasil signifikan.

4.7.4 Pengaruh Umur Pengujian terhadap Kuat Tekan

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H_0 : Variasi umur uji tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H_1 : Variasi umur uji memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah (ANOVA one way) terhadap nilai kuat tekan beton porous dengan variasi komposisi umur uji 28 hari, dan 56 hari. Kriteria dari pengujian ini adalah:

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Berikut ini deskripsi pada hubungan pengaruh umur uji dan kuat tekan pada tabel 4.51.

Tabel 4.51

Tabel *Descriptives* pada Uji Pengaruh umur uji terhadap kuat tekan.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum	95% Confidence Interval for Mean	
							Lower Bound	Upper Bound
28 hari	18	6.126655	1.3039734	.3073495	4.0312	8.1795	5.478205	6.775106
56 hari	18	7.372767	1.7489731	.4122369	4.2043	10.6316	6.503023	8.242511
Total	36	6.749711	1.6464894	.2744149	4.0312	10.6316	6.192619	7.306803

Tabel 4.52

Tabel *Test of Homogeneity of Variances* pada Uji Pengaruh umur uji terhadap kuat tekan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.406	1	34	.528

Perhitungan F_{tabel} berdasarkan tabel probabilitas 0,005 pada $df1=1$ dan $df2=34$ yaitu 4,13.

Tabel 4.53

Tabel Uji *Anova* pada Uji Pengaruh umur uji terhadap kuat tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.975	1	13.975	5.873	.021
Within Groups	80.907	34	2.380		
Total	94.882	35			

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa umur uji secara keseluruhan memiliki nilai signifikansi sebesar 0,021 yaitu lebih kecil dari nilai 0,05 dan maka umur uji memberikan hasil signifikan. Serta nilai $F_{hitung} (5,873) > F_{tabel} (4,13)$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sehingga pengaruh umur uji memberikan hasil signifikan.

4.7.5 Pengaruh Campuran *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Kuat Tekan pada Umur 28 hari.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H_0 : Variasi FA+SF memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H_1 : Variasi FA+SF tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis Paired Sampel T Test untuk menilai kuat tekan beton porous terhadap variasi komposisi campuran FA+SF dengan melihat nilai p value atau sig (2-tailed), jika lebih kecil nilai α (0,05) maka hipotesis diterima dan jika lebih besar dari nilai α (0,05) maka hipotesis ditolak.

Berikut tabel hasil uji hipotesis :

Tabel 4.54

Tabel *Paired Samples Test*.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Upper	Lower			
Pair 1	ASFFA0 - AKT0	4,67133	1,08461	,44279	5,80956	3,53310	10,550	5	,000
Pair 2	ASFFA5 - AKT5	4,46233	1,14694	,46824	5,66598	3,25869	9,530	5	,000
Pair 3	ASFFA10 - AKT10	4,57317	,49054	,20026	5,08795	4,05838	22,836	5	,000

1. Kelompok 1 menunjukkan hubungan antara RCA 0% dengan FA+SF
2. Kelompok 2 menunjukkan hubungan antara RCA 50% dengan FA+SF
3. Kelompok 3 menunjukkan hubungan antara RCA 100% dengan FA+SF

Dari tabel diatas menunjukkan semua variasi RCA menunjukkan nilai $p < 0,05$ sehingga H_0 diterima yang berarti bahwa campuran *fly ash* dan *silica fume* memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton porous.

Tabel 4.55

Tabel Korelasi pada *Paired Samples Test*.

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ASFFA0 & AKT0	6	,803	,054
Pair 2 ASFFA5 & AKT5	6	,950	,004
Pair 3 ASFFA10 & AKT10	6	,924	,008

Kriteria korelasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan korelasi yang kuat. Data di atas menunjukkan pada RCA 50% dan 100%, campuran FA+SF memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan dan menunjukkan nilai yang paling mendekati 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa campuran tersebut menambah nilai kuat tekan pada beton porous.

Pengujian juga dilakukan menggunakan ANOVA satu arah setiap variasi RCA nya sebagai berikut :

Tabel 4.56

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 0%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6,182	1	6,182	7,259	,054
Within Groups	3,406	4	,852		
Total	9,588	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,054 > 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 0% penambahan FA+SF menunjukkan hasil tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Tabel 4.57

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 50%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12,367	1	12,367	37,346	,004
Within Groups	1,325	4	,331		
Total	13,691	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,004 < 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 50% penambahan FA+SF menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Tabel 4.58

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 100%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,663	1	3,663	23,379	,008
Within Groups	,627	4	,157		
Total	4,290	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,008 < 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 100% penambahan FA+SF menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

4.7.6 Pengaruh Campuran *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Kuat Tekan pada Umur 56 hari.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah:

- H_0 : Variasi FA+SF memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.
- H_1 : Variasi FA+SF tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan analisis Paired Sampel T Test untuk menilai kuat tekan beton porous terhadap variasi komposisi campuran FA+SF dengan melihat nilai p value atau sig (2-tailed), jika lebih kecil nilai α (0,05) maka hipotesis diterima dan jika lebih besar dari nilai α (0,05) maka hipotesis ditolak.

Berikut tabel hasil uji hipotesis :

Tabel 4.59

Tabel *Paired Samples Test*.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Upper	Lower			
Pair 1	BSFFA0 - BKT0	5,87900	1,55541	,63500	7,51131	4,24669	9,258	5	,000
Pair 2	BSFFA5 - BKT5	5,55500	1,33527	,54512	6,95628	4,15372	10,190	5	,000
Pair 3	BSFFA10 - BKT10	5,50667	1,45581	,59433	7,03445	3,97889	9,265	5	,000

1. Kelompok 1 menunjukkan hubungan antara RCA 0% dengan FA+SF
2. Kelompok 2 menunjukkan hubungan antara RCA 50% dengan FA+SF
3. Kelompok 3 menunjukkan hubungan antara RCA 100% dengan FA+SF

Dari tabel diatas menunjukkan semua variasi RCA menunjukkan nilai $p < 0,05$ sehingga H_0 diterima yang berarti bahwa campuran *fly ash* dan *silica fume* memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton porous.

Tabel 4.60

Tabel Korelasi pada *Paired Samples Test*.

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BSFFA0 & BKT0	6	,747	,088
Pair 2	BSFFA5 & BKT5	6	,855	,030
Pair 3	BSFFA10 & BKT10	6	,845	,034

Kriteria korelasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan korelasi yang kuat. Data di atas menunjukkan pada RCA 50% dan 100%, campuran FA+SF memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan dan menunjukkan nilai yang paling mendekati 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa campuran tersebut menambah nilai kuat tekan pada beton porous.

Pengujian juga dilakukan menggunakan ANOVA satu arah setiap variasi RCA nya sebagai berikut :

Tabel 4.61

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 0%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,087	1	10,087	5,037	,088
Within Groups	8,011	4	2,003		
Total	18,098	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,088 > 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 0% penambahan FA+SF menunjukkan hasil tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Tabel 4.62

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 50%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,150	1	10,150	10,833	,030
Within Groups	3,748	4	,937		
Total	13,898	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,03 < 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 50% penambahan FA+SF menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Tabel 4.63

Tabel Uji Anova pada Variasi RCA 100%.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12,424	1	12,424	9,979	,034
Within Groups	4,980	4	1,245		
Total	17,404	5			

Berdasarkan uji Anova diatas nilai p sebesar $0,008 < 0,05$ menunjukkan bahwa pada RCA 100% penambahan FA+SF menunjukkan hasil berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tekan beton porous.

Halaman ini sengaja dikosongkan